

3100091009836

TUGAS AKHIR

(NE. 1701)

**PERENCANAAN DAN PENGENDALIAN
SISTEM PERAWATAN PERMESINAN
KAPAL PENUMPANG KM. LEUSER DI PT. PELNI**



RSke
623.872 0288
Sem
p-1
1996

Oleh :
SEMIN
NRP : 4924200320

PERPUSTAKAAN I T S	
Tgl. Terima	17 SEP 1996
Terima Dari	H.
No. Agenda Prp.	6520

**JURUSAN TEKNIK SISTIM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
1996**

**PERENCANAAN DAN PENGENDALIAN
SISTEM PERAWATAN PERMESINAN
KAPAL PENUMPANG KM. LEUSER DI PT. PELNI**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana
Pada
Jurusan Teknik Sistim Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya**

Mengetahui / Menyetujui

Dosen Pembimbing



(Ir. M. Orianto BSE, MSc.)

NIP : 130 786 955

Sumeleh, demikian pepatah jawa bilang.

Adalah bukan kepasrahan tanpa usaha, tetapi merupakan kerendahan hati dalam bekerja yang selalu ingat kepada pencipta, bukan dengan **Adigang-Adigung-Adiguna**.

Kupersembahkan karyaku untuk, **Usrek** ibuku, **Sanuri** bapakku, **Anggraheni Tyas** Utami kekasihku, **Wasono** adikku, **Maryami** kakakku, dan **Adik-adik** keponakanku.



TUGAS AKHIR

ABSTRAK

ABSTRAK

Sistem permesinan pada suatu kapal merupakan sarana yang vital untuk operasionalnya. Mengingat adanya keterbatasan kemampuan pakai sistem permesinan, sedangkan disisi lain umur dan pemakaian yang tinggi, maka secara alami akan terjadi beberapa gangguan dan kerusakan dalam operasinya sehari - hari. Untukantisipasi menghadapi keadaan tersebut, perlu adanya tindakan perawatan terencana agar terjaga kontinuitas kerja sistem permesinan, terencananya jumlah tenaga kerja yang dialokasikan, biaya optimal yang harus dikeluarkan dan jadwal perawatan yang tepat berdasarkan data pemeriksaan sebelumnya. Dalam penulisan ini sebagai model diambil sistem permesinan di kapal penumpang KM. Leuser milik PT. Pelni, yang terdiri atas subsistem mekanik berjumlah 31 buah, subsistem elektrik berjumlah 95 buah, subsistem hidrolik berjumlah 132 buah dan subsistem pneumatik berjumlah 33 buah. Dengan perawatan yang dilakukan satu bulan sekali, akan dapat diketahui data jumlah permesinan yang rusak, waktu pemeriksaan dan waktu pelayanan perbaikan untuk masing - masing subsistem yang terjadi selama satu tahun perawatan. Selanjutnya dilakukan pengolahan data terhadap waktu pemeriksaan dan waktu pelayanan perbaikan untuk masing - masing subsistem. Dengan model antrian akan bisa diketahui jumlah tenaga kerja yang paling optimal untuk perawatan masing - masing subsistem.

Dari data lapangan diketahui besarnya biaya downtime untuk masing - masing subsistem. Dengan telah diketahuinya biaya downtime dan pemakaian jumlah tenaga kerja yang optimal, maka dengan memasukkan probabilitas transisi dan distribusi status baik, status gangguan dan status rusak ke dalam model biaya perawatan untuk masing - masing subsistem, akan diperoleh pula biaya total perawatan yang optimal selama satu tahun perawatan. Selanjutnya dengan metode Markov Chain dari probabilitas transisi dan distribusi status tersebut dapat diketahui ekspektasi lamanya waktu terjadinya proses peralihan dari status baik menjadi baik lagi, dari gangguan menjadi gangguan lagi dan dari rusak menjadi rusak lagi untuk setiap subsistem. Dengan tingkat operasi dan waktu perbaikan aktif terhadap kerusakan yang telah diketahui di atas, maka besarnya tingkat ketersediaan (availability) untuk setiap subsistem dapat diketahui.



TUGAS AKHIR

KATA PENGANTAR

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan syukur alhamdulillah kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan karuniaNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul , "Model Perencanaan Dan Pengendalian Sistem Perawatan Permesinan Kapal Penumpang KM. Leuser di PT. Pelni ".

Tugas akhir ini disusun guna memenuhi sebagian dari persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Sistem Perkapalan pada Fakultas Teknologi Kelautan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, saya ucapkan banyak terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak Ir. M Orianto BSE, MSc dosen pembimbing yang telah banyak memberikan nasehat, saran-saran dan bimbingan selama penyusunan Tugas Akhir ini, semoga Allah SWT membalas budi baiknya.

Dengan selesainya Tugas Akhir ini penyusun mengucapkan banyak terima kasih yang setulusnya kepada :

1. Bapak Ir. Suryo Widodo Aji MSc, yang telah memberikan pengarahan kepada penyusun dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Djafri Alwi AMK, selaku Kepala Divisi Armada PT. Pelni Cabang Surabaya yang telah memberikan kesempatan dan pengarahan dalam mencari data-data di Km. Leuser.
3. Bapak H. Suwito, Kepala Personalia PT. Pelni Cabang Surabaya yang telah memberikan ijin kepada penulis dalam mencari data-data Tugas Akhir ini.
4. Bapak Zakir, Karyawan Divisi Armada PT. Pelni Cabang Surabaya yang telah banyak membantu penulis dalam memperoleh data-data yang dibutuhkan.

5. Bapak Nahkoda dan segenap Anak Buah Kapal KM. Leuser yang telah memberikan data-data yang diperlukan kepada penulis.
6. Seluruh Karyawan di Unit Galangan PT. Pelni Cabang Surabaya yang telah membantu dalam mencari informasi yang penulis butuhkan.
7. Agoes Widiyanto, Edy Sanyoto, Haryono dan rekan rekan lain angkatan 92 yang telah banyak membantu penulis dalam pmengerjakan Tugas Akhir ini, baik secara moril maupun fasilitasnya.

Penyusun telah berusaha untuk menyajikan Tugas Akhir ini sebaik-baiknya, namun sebagai manusia biasa penyusun menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, untuk itu saran dan kritik yang membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini akan senantiasa penyusun terima. Semoga Tugas Akhir ini memberi manfaat dan berguna bagi yang membutuhkannya dan berguna untuk menambah kasanah ilmu kita.

Surabaya, Juli 1995

S e m i n



TUGAS AKHIR

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Lembar Pengesahan.....	ii
Abstrak.....	iii
Kata Pengantar.....	iv
Daftar Isi.....	vi
Daftar Gambar.....	ix
Daftar Tabel.....	x
 BAB I. PENDAHULUAN.....	 1
1.1. Latar Belakang.....	2
1.2. Permasalahan.....	3
1.3. Batasan Masalah.....	4
1.4. Tujuan Penelitian.....	4
1.5. Manfaat Penelitian.....	5
1.6. Metode Penelitian.....	6
1.7. Sistematika Penulisan.....	7
 BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	 9
2.1. Sistem Operasi.....	9
2.1.1. Sistem.....	10
2.1.2. Availability Suatu sistem.....	11
2.2. Kondisi Kerusakan.....	14
2.3. Model, Uji Statistik Dan Proses Stokastik.....	15
2.3.1. Model.....	15
2.3.2. Uji Statistik.....	17
2.3.3. Proses Stokastik.....	18
2.3.3.1. Proses Markov Chain.....	20
2.3.3.2. Penaksiran Parameter Proses Markov Waktu Diskrit Homogen.....	24

BAB III. PERAWATAN DAN PENGENDALIAN SISTEM PERMESINAN KAPAL

TERENCANA.....	27
3.1. Bentuk - Bentuk Perawatan Permesinan Kapal.....	28
3.1.1. Perawatan Preventif.....	28
3.1.2. Perawatan Korektif.....	30
3.1.3. Perawatan Berjalan.....	31
3.1.4. Perawatan Prediktif.....	31
3.1.5. Perawatan Setelah Terjadi Kerusakan.....	32
3.1.6. Perawatan Darurat.....	33
3.2. Perencanaan Perawatan Permesinan Kapal.....	34
3.2.1. Organisasi Perawatan.....	34
3.2.2. Faktor Penunjang Sistem Perawatan dan Pengendalian Terencana.....	35
3.3. Kebijaksanaan Perawatan.....	39
3.4. Permasalahan Dalam Perawatan Permesinan Kapal.....	41
3.4.1. Masalah Teknis.....	41
3.4.2. Masalah Ekonomis.....	42
3.5. Kegiatan Perawatan.....	43
3.6. Keuntungan Perawatan Permesinan Kapal Terencana.....	47

BAB IV. PERENCANAAN DAN PENGENDALIAN SISTEM PERAWATAN

PERMESINAN KM. LEUSER.....	48
4.1. Penggunaan Tenaga Kerja Dan Permesinan.....	48
4.2. Biaya Perawatan.....	49
4.3. Perumusan Biaya Perawatan.....	50
4.3.1. Perumusan Biaya Tenaga Kerja.....	50
4.3.2. Perumusan Biaya Down Time.....	52
4.3.3. Perumusan Biaya Penyelenggaraan (Set Up) Perawatan Periodik.....	53
4.3.4. Perumusan Biaya Akibat Kerusakan.....	54
4.3.5. Perumusan Biaya Marginal.....	55
4.4. Perumusan Model Perawatan Permesinan.....	56
4.4.1. Perumusan Model Biaya Pemeriksaan.....	56
4.4.2. Perumusan Model Biaya Perbaikan Preventif.....	57
4.4.3. Perumusan Model Biaya Perbaikan Korektif.....	57

4.5. Keputusan Markov.....	59
BAB V. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN.....	62
5.1. Analisa Data.....	62
5.1.1. Uji Distribusi Jumlah Sampel Yang Mengalami Transisi Status.....	63
5.1.2. Perhitungan Probabilitas Status.....	66
5.2. Analisa Biaya Perawatan.....	74
5.2.1. Menghitung Biaya Perawatan Subsistem.....	74
5.2.2. Biaya Tenaga Kerja.....	80
5.2.3. Biaya Penyelenggaraan Perawatan (Set Up) Periodik Sistem.....	80
5.2.4. Menghitung Total Biaya Perawatan Sistem.....	81
5.3. Pembahasan.....	81
5.3.1. Analisa Data Dengan Markov Chain.....	81
5.4. Hasil Analisa Biaya.....	86
5.5. Availability Sistem Permesinan.....	86
BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN.....	89
6.1. Kesimpulan.....	89
6.2. Saran - Saran.....	90
DAFTAR PUSTAKA.....	91
LAMPIRAN	



TUGAS AKHIR

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Keterangan Gambar	halaman
2.1	Sistem operasi	9
2.2	Grafis status sistem	3
2.3	Penggolongan model	16
3.1	Hubungan antara berbagai bentuk perawatan.....	33
3.2	Kegiatan perawatan versus biaya.....	42
3.3	Engineering dalam fungsi perawatan.....	45
3.4	Prosedur pelaksanaan pekerjaan engineering.....	46
4.1	Transisi status permesinan.....	61



TUGAS AKHIR

DAFTAR TABEL

DAFTAR TABEL

Tabel	Keterangan Tabel	halaman
V.1	Distribusi transisi status subsistem mekanik.....	63
V.2	Distribusi transisi status subsistem elektrik.....	64
V.3	Distribusi transisi status subsistem hidrolik.....	65
V.4	Distribusi transisi status subsistem pneumatik.....	65
V.5	Probabilitas status subsistem mekanik.....	66
V.6	Probabilitas status subsistem elektrik.....	68
V.7	Probabilitas status subsistem hidrolik.....	70
V.8	Probabilitas status subsistem pneumatik.....	72
V.9	Probabilitas terjadinya kerusakan dan gangguan steady state.....	84
V.10	Ekspektasi lamanya waktu proses peralihan.....	85



TUGAS AKHIR

BAB I

PENDAHULUAN

BAB I

PENDAHULUAN

Keadaan dunia diakhir abad ini dicirikan oleh dua fenomena yang saling berkaitan, yaitu globalisasi dan kemajuan teknologi dengan laju yang sangat pesat. Keduanya menimbulkan dampak yang telah terasa akhir-akhir ini. Proses globalisasi telah mendekatkan hubungan antar bangsa serta membaurkan garis batas antar negara. Sebagai akibatnya adalah terjadinya peningkatan intensitas dalam persaingan, karena hambatan terhadap transportasi semakin kecil dan akibatnya adalah mobilitas barang dan manusia semakin besar. Pada saat yang bersamaan, teknologi sebagai salah satu faktor pendukung terjadinya globalisasi telah mengalami kemajuan dengan akselerasi yang tak pernah dialami oleh manusia selama ini. Penemuan-penemuan baru muncul dalam jarak waktu yang sangat pendek, sehingga teknologi yang merupakan aplikasi dari penemuan tersebut memiliki life cycle yang pendek, sehingga diperlukan pemilihan teknologi yang tepat. Kondisi diatas merupakan kenyataan yang tidak dapat dielakkan lagi, sehingga bangsa Indonesia telah dipaksa untuk mampu menghadapi dan mengatasinya agar supaya bangsa ini dapat turut serta dalam persaingan dunia. Dan disini pulalah PT PELNI dituntut untuk berupaya mempersiapkan bangsa ini dalam menghadapi kenyataan diatas. PT PELNI sebagai sebuah badan usaha yang diberi tugas khusus oleh negara sebagai pelopor pelayaran di Indonesia melihat segala tantangan diatas harus bisa meningkatkan kualitasnya untuk bisa berbicara di pentas dunia, salah satunya adalah dengan peningkatan efisiensi di dalam perusahaannya. Perencanaan perawatan terhadap permesinan armada kapal-kapalnya secara baik dan benar adalah merupakan salah satu jalan untuk membantu mengatasi tantangan tersebut.

1.1. LATAR BELAKANG

Konsep pembangunan yang merupakan unsur dalam mewujudkan struktur ekonomi yang seimbang telah memacu pemerintah Indonesia untuk melahirkan industri-industri dalam skala besar, menengah dan kecil yang dapat diusahakan oleh koperasi, swasta maupun pemerintah melalui BUMN. Salah satu adalah PT PELNI yang merupakan BUMN yang diharapkan mampu memenuhi kebutuhan akan transportasi yang murah dan dapat dijangkau oleh semua lapisan masyarakat.

Untuk memacu program di atas, maka PT PELNI membutuhkan ketersediaan dana yang lebih besar untuk pengadaan kapal-kapal baru. Tetapi mengingat adanya keterbatasan kemampuan permesinan terhadap suatu kapal dan tingginya biaya untuk perawatan dan peralatan penunjang lainnya akan menjadi salah satu faktor yang berpengaruh dalam mencapai keuntungan perusahaan.

Dengan berbagai permasalahan di atas, kiranya perlu adanya pengembangan sistem perawatan permesinannya. Oleh karena itu sangat disayangkan apabila sampai saat ini masih banyak perusahaan yang kurang menyadari akan pengelolaan perawatan secara baik dan benar. Hal ini sangat disadari karena kegiatan perawatan membutuhkan dana yang besar. Tetapi dipihak lain, membiarkan peralatan permesinan sampai mengalami kerusakan, bahkan menunggu terjadinya kerusakan yang lebih parah akan sangat merugikan, karena akan membutuhkan dana yang lebih besar dan waktu yang lama bila dibandingkan dengan mengenali dan memperbaiki kerusakan sedini mungkin.

Di atas telah dikatakan bahwa PT PELNI merupakan salah satu BUMN yang diharapkan mampu meningkatkan operasinya guna memenuhi kebutuhan akan transportasi. Usaha yang

dilakukan untuk mempertinggi tingkat operasinya adalah dengan mempertinggi tingkat efisiensi dan efektifitas pemakaian peralatan permesinannya, yaitu dengan cara meningkatkan pelaksanaan perawatan permesinannya. Dengan melaksanakan kegiatan pemeliharaan secara kontinyu yang meliputi pengecekan, pelumasan dan perbaikan atas kerusakan yang ada serta penyesuaian dan penggantian suku cadang yang rusak. Dengan demikian maka kapal akan dapat beroperasi secara terus menerus, sehingga kontinyuitas operasional dapat terjamin.

1.2. PERMASALAHAN

Salah satu cara yang dilakukan PT PELNI untuk meningkatkan operasinya adalah dengan meningkatkan perawatan terhadap permesinan kapalnya. Karena di dalam suatu kapal penumpang terdapat banyak permesinan yang digunakan dan tingginya biaya perawatan, maka perusahaan tersebut akan menghadapi beberapa permasalahan sebagai berikut :

1. Banyaknya waktu yang terbuang yang seharusnya untuk beroperasi yang disebabkan oleh adanya cara perawatan yang tidak tepat pada waktunya dan kurang teratur, misalnya melakukan perawatan dimana seharusnya mesin pada saat itu beroperasi.
2. Meningkatkan mutu perawatan dengan tidak mempertinggi biaya. Hal ini menjadi tujuan utama serta merupakan masalah pokok yang dihadapi dalam usaha untuk meningkatkan operasinya.
3. Pemanfaatan tenaga pemeliharaan yang belum optimal, baik itu disebabkan oleh kurangnya program perencanaan maupun kekurangmampuan tenaga kerja itu sendiri.

1.3 BATASAN MASALAH

Didalam penulisan Tugas Akhir ini untuk memecahkan masalah yang ada, akan diberikan batasan-batasan masalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini pada prinsipnya hanya bersifat pemodelan sebagai pengambilan keputusan didalam menghadapi permasalahan yang ada pada perawatan permesinan.
2. Didalam penelitian ini tidak akan dibahas mengenai aspek-aspek penyebab kerusakan permesinan maupun cara-cara melakukan perbaikan secara teknis.
3. Untuk mempermudah penyusunan model dan menentukan nilai yang diperlukan, maka sistem permesinan yang ada di kapal penumpang dikriteriakan menurut sub sistem sebagai berikut :
 - a. sub sistem mekanik (item 1)
 - b. sub sistem elektrik (item 2)
 - c. sub sistem hidrolik (item 3)
 - d. sub sistem pneumatik (item 4)
4. Pemeliharaan yang diambil datanya hanya untuk pemeliharaan kerusakan yang bersifat preventif dan korektif.
5. Kebenaran data dan informasi dianggap memenuhi persyaratan untuk digunakan.

1.4. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari penelitian yang dilakukan di PT PELNI dalam penulisan Tugas Akhir ini adalah :

1. Untuk menentukan tingkat perawatan yang paling optimal sehingga dapat mengurangi pemakaian yang menyimpang diluar batas, dengan demikian biaya yang dikeluarkan dapat diminimumkan atau paling tidak menjaga modal yang diinvestasikan dalam waktu yang ditentukan sesuai dengan kebijaksanaan perusahaan.
2. Menentukan banyaknya kemungkinan kerusakan pada setiap periode perawatan.
3. Menentukan jumlah tenaga kerja yang harus dialokasikan dalam melaksanakan perawatan untuk setiap periode perawatan.
4. Menentukan ekspektasi waktu yang diperlukan mesin untuk beralih dari status tertentu ke status yang sama.

1.5. MANFAAT PENELITIAN

Dari hasil yang diperoleh dalam penelitian yang telah dilakukan diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Mutu perawatan yang baik akan dapat menekan jumlah kerusakan selanjutnya, hal ini dapat tercapai apabila sistem perawatannya mengikuti prosedur perawatan yang benar.
2. Menjamin fasilitas-fasilitas permesinan akan dapat bekerja sama dengan fungsi-fungsi lain secara efektif, efisien dan berlangsung terus menerus apabila perawatan dilakukan secara baik dan teratur.
3. Kemampuan beroperasi suatu kapal akan dapat terjamin sesuai rencana apabila sistem perawatannya juga terencana dan terperinci.

4. Perawatan yang teratur akan dapat mencapai tujuan utama perusahaan, yaitu tingkat keuntungan yang sebesar-besarnya dengan total biaya operasional yang rendah, karena dengan pelaksanaan perawatan yang telah terencana tidak banyak mengganggu kegiatan operasi, sehingga hilangnya waktu operasi menjadi minimum.

1.6. METODE PENELITIAN

Di dalam penulisan Tugas Akhir ini, metode yang digunakan untuk mencari literatur maupun data-data yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

1. Penelitian Lapangan

Penelitian lapangan ini bertujuan untuk mencari data-data yang diperlukan dalam penulisan Tugas Akhir ini, yang mana penelitian lapangan ini dilakukan di PT. PELNI Cabang Surabaya, Divisi Armada PT. PELNI Cabang Surabaya, Unit Galangan PT. PELNI Cabang Surabaya dan di KM. LEUSER, kapal penumpang milik PT PELNI.

2. Studi Literatur.

Selain pengamatan langsung di lapangan pada fasilitas dan salah satu kapal milik PT PELNI, dalam penyusunan Tugas Akhir ini juga dilakukan studi literatur untuk memperoleh teori penunjang maupun data-data penunjang lainnya.

3. Analisa Data Penelitian

Yaitu merupakan analisa terhadap data-data yang didapat selama penelitian yang digunakan untuk memperoleh hasil yang diinginkan sesuai tujuan penulisan.

1.7. SISTEMATIKA PENULISAN

Sistematika penulisan Tugas Akhir yang membahas tentang perencanaan dan pengendalian sistem perawatan permesinan kapal penumpang ini adalah sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Yang berisikan mengenai latar belakang permasalahan, permasalahan, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metode penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Menguraikan tentang landasan teori yang digunakan , yang meliputi sistem operasi, kondisi kerusakan, model, uji statistik dan proses stokastik.

BAB III : PERAWATAN DAN PENGENDALIAN SISTEM PERMESINAN KAPAL TERENCANA

Menguraikan mengenai bentuk - bentuk perawatan permesinan kapal, perencanaan perawatan, kebijaksanaan perawatan, permasalahan dalam perawatan, kegiatan perawatan dan keuntungan perawatan terencana.

BAB IV : PERUMUSAN MODEL PERENCANAAN DAN PENGENDALIAN PERAWATAN PERMESINAN KM. LEUSER

Membahas mengenai penggunaan tenaga kerja, biaya perawatan, perumusan biaya perawatan, perumusan biaya tenaga kerja, perumusan biaya down time, perumusan biaya set up, perumusan biaya akibat kerusakan, perumusan biaya marginal, perumusan model perawatan permesinan , fungsi-fungsi probabilitas dan keputusan markov.

BAB V : ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini menguraikan tentang analisa data yang dilakukan, analisa biaya perawatan, pembahasan mengenai analisa data dan analisa biaya, hasil analisa biaya dan availability sistem permesinan.

BAB VI : KESIMPULAN DAN SARAN

Berisi mengenai kesimpulan dari penulisan Tugas Akhir ini dan saran-saran guna memperoleh hasil perawatan yang baik.



TUGAS AKHIR

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. SISTEM OPERASI

Suatu sistem operasi dalam suatu kapal terdiri dari subsistem masukan, proses dan keluaran yang biasanya akan melibatkan komponen-komponen masukan berupa bahan baku, tenaga kerja, mesin, peralatan, metode kerja dan manajemen. Secara sederhana dapat digambarkan sebagai berikut.



Gambar 2.1 Sistem Operasi¹

Kaitan dengan diatas, maka pengelolaan perawatan dapat diartikan sebagai bentuk pengarahan dan organisasi sumberdaya dalam rangka untuk mengendalikan kesiapan pakai atau ketersediaan (availability) dan unjuk kerja (performance) dari permesinan pada suatu kapal. Apabila keadaan suatu sistem dikategorikan dalam keadaan siap pakai (available) yaitu bila sistem sedang beroperasi dan tidak siap pakai (unavailable) yaitu bila sistem sedang dalam keadaan perbaikan, sedang menunggu perbaikan atau dalam perawatan preventif.

¹ Supandi, " Manajemen Perawatan Industri ".

2.1.1. Sistem

Sebelum mempelajari suatu sistem terlebih dahulu perlu mendefinisikan suatu sistem itu sendiri. Sebuah sistem dapat didefinisikan sebagai :

- Keseluruhan atau himpunan dari obyek-obyek yang bersatu dalam beberapa interaksi yang teratur atau saling ketergantungan.
- Sekumpulan obyek-obyek yang berbeda yang terinteraksi dengan yang lainnya.
- Sekumpulan entitas (orang atau mesin) yang berinteraksi satu sama lainnya untuk mencapai sasaran.

Dari definisi diatas maka arti sistem yang sesuai untuk penulisan Tugas Akhir ini adalah bagian-bagian atau elemen-elemen (mesin, peralatan pendukung, suku cadang, fasilitas perbaikan) yang terkelompok dan berinteraksi satu dengan yang lainnya untuk mencapai sasaran atau tujuan operasional yang baik. Jadi dapat dikatakan bahwa sistem terdiri dari elemen-elemen atau subsistem yang saling berinteraksi satu dengan yang lainnya dan ada tujuan atau sasaran yang akan dicapai.

Untuk mempelajari suatu sistem kadang-kadang harus dilakukan serangkaian percobaan terhadap sistem itu sendiri. Tujuannya adalah untuk memprediksi bagaimana sistem akan dibuat sebelum sistem itu sendiri ada.

State dari sistem didefinisikan sebagai sekumpulan variabel-variabel yang diperlukan untuk menggambarkan kondisi suatu sistem pada waktu tertentu. Berdasarkan statenya sistem dibagi sebagai berikut :

- Sistem diskrit.

Sistem yang variabel-variabel statenya berubah hanya pada waktu tertentu saja.

Sebagai contoh adalah disuatu galangan, variabel statenya misalnya kapal yang ingin direparasi. Jumlahnya akan berubah bila ada yang datang atau ada yang pergi.

- Sistem kontinyu.

Sistem yang variabel-variabel statenya berubah terhadap waktu secara kontinyu.

Sebagai contoh adalah gerakan kapal dimana variabel-variabel statenya misalnya posisi dan kecepatan akan berubah secara kontinyu.

2.1.2. Availability Suatu Sistem

Kesiapan pakai suatu sistem atau availability adalah kemungkinan suatu sistem dapat beroperasi dengan memuaskan pada suatu saat tertentu dan kondisi operasi yang tertentu pula. Untuk menghitung availability, waktu total didasarkan pada waktu operasi permesinan, perbaikan aktif terhadap kerusakan yang terjadi pada permesinan yang bersangkutan, administrasi perbaikan dan logistik².

$$\text{Jadi availability (A)} = \frac{\text{waktu operasi}}{\text{waktu operasi} + \text{down time}}$$

Waktu operasi adalah : lamanya waktu dimana alat dapat beroperasi dengan kondisi atau yang dapat diterima oleh operator mesin yang bersangkutan.

Down time adalah : selang waktu yang mana alat tersebut tidak operasional.

² Hajek,G, Victor, Prijono, Arko, Manajemen Proyek Perekayasaan, 1988.

Kesiapan pakai suatu sistem dalam prakteknya adalah dengan memakai intrinsik availability. Intrinsik availability adalah dimana perhitungannya dengan menggunakan masukan waktu operasi dan waktu yang diperlukan untuk melakukan perbaikan aktif terhadap kerusakan-kerusakan yang terjadi.³

$$\text{Jadi intrinsik availability (} A_i \text{)} = \frac{\text{waktu operasi}}{\text{waktu operasi} + \text{waktu perbaikan aktif}}$$

Elemen- elemen waktu dalam perhitungan intrinsik availability adalah :

1. waktu operasi (operating time)

Adalah waktu selama alat dapat beroperasi dengan suatu cara atau kondisi yang dapat diterima oleh operator.

2. Waktu delay (free time)

Adalah waktu selama pemakaian operasional dari alat tidak diperlukan.

3. Down time

Adalah waktu total, dimana alat berada dalam kondisi yang tidak dapat diterima untuk beroperasi. Down time dapat dibagi menjadi :

a. Waktu perbaikan aktif (active repair time)

Merupakan bagian dari down time selama satu atau lebih teknisi melakukan kegiatan perbaikan terhadap alat atau sistem, waktu tersebut dapat terbagi lagi dalam waktu persiapan, waktu penentuan lokasi kerusakan, waktu perbaikan dan waktu pemeriksaan akhir.

³ Hajek, G, Victor, Prijono, Arko, Manajemen Proyek Perekayasaan, 1988.

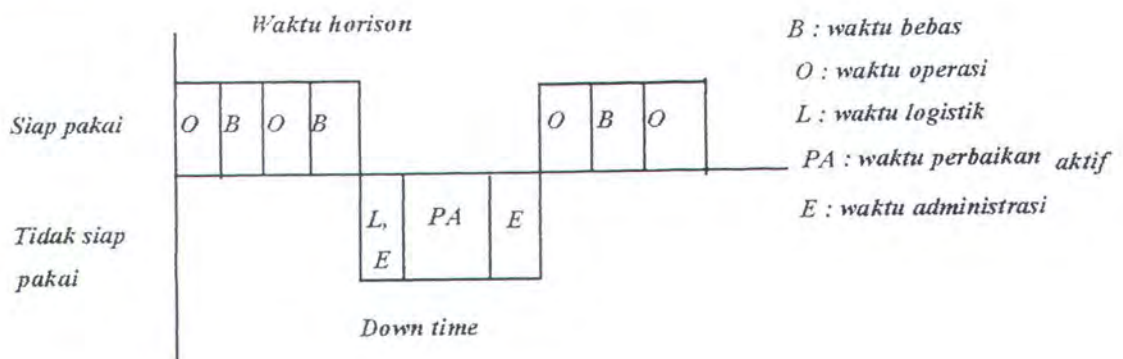
b. Waktu logistik (logistic time)

Adalah merupakan bagian dari down time selama perbaikan ditunda karena menunggu penggantian komponen dari sistem.

c. Waktu administrasi (administrative time)

Bagian dari down time yang terdiri atas waktu administrasi dan waktu terbangun lain.

Intrinsik availability tidak termasuk waktu logistik dan waktu administrasi, karena dalam perawatan preventif telah tersedia suku cadang yang diperlukan dan tidak memerlukan administrasi.



Gambar 2.2. Grafis status sistem

Distribusi waktu menjelang kerusakan (time to failure) atau waktu antar kerusakan (time between failure) adalah merupakan pernyataan dari karakteristik suatu sistem permesinan. Apabila λ adalah merupakan asumsi dari waktu menjelang kerusakan dan rata-rata waktu menjelang kerusakan (mean time to failure), sedang μ melambangkan asumsi dari distribusi waktu kerusakan yang eksperimental dengan waktu perbaikan, maka akan berlaku rumus berikut⁴ :

$$A = \frac{\mu}{\lambda + \mu}$$

⁴ Ramakumar, R, Engineering Reliability Fundamentals and Applications, 1993.

2.2. KONDISI KERUSAKAN

Yang dimaksud dengan kondisi kerusakan adalah tingkat kerusakan dari suatu mesin pada saat mesin tersebut dilakukan perawatan secara periodik. Kondisi kerusakan dari suatu mesin diklasifikasikan sesuai dengan besar kecilnya tingkat kerusakan. Klasifikasi tingkat kerusakan tersebut berguna untuk menghitung besarnya nilai probabilitas transisi.

Adapun klasifikasi kondisi kerusakan suatu mesin adalah sebagai berikut :

1. Kondisi mesin rusak (R)

Yaitu apabila kondisi dari mesin tersebut masih dapat beroperasi tetapi sering terjadi kerusakan yang berat yang dapat menggagalkan operasi suatu sistem. Selanjutnya kondisi ini dalam penelitian ini disebut status 3.

2. Kondisi mesin mengalami gangguan (G)

Yaitu apabila kondisi suatu mesin masih dapat beroperasi dengan baik, tetapi kadang-kadang terjadi gangguan yang mengganggu operasi suatu sistem. Kondisi ini disebut status 2.

3. Kondisi Baik (B)

Apabila mesin tidak memerlukan tindakan apapun, karena mesin masih bisa bekerja dengan baik dan tidak akan terjadi gangguan terhadap operasional sistem. Kondisi baik dalam penelitian ini selanjutnya disebut sebagai status 1.

2.3. MODEL, UJI STATISTIK DAN PROSES STOKASTIK

2.3.1. Model

Arti dari sebuah model untuk lebih jelasnya, maka di bawah ini diberikan beberapa definisi dari sebuah model :

- Model adalah bagian penting dari informasi tentang sistem yang dikumpulkan untuk maksud mempelajarinya.
- Model adalah representasi dari suatu obyek, benda, atau ide-ide dalam bentuk lain.

Jadi model terdiri dari informasi-informasi tentang suatu sistem yang dibuat dengan tujuan untuk mempelajari sistem yang sebenarnya. Informasi yang diambil tergantung dari tujuan penelitian. Jadi dalam hal ini tidak ada model yang khusus untuk suatu sistem. Suatu sistem mungkin dapat mempunyai berbagai model tergantung dari tujuan si pembuat model. Sebaliknya model yang sama mungkin dapat dipakai untuk berbagai sistem jika kelakuan dari sistem tersebut sama.

Model yang digunakan dalam menganalisa tentang sistem dapat dilambangkan dalam beberapa cara sebagai berikut :

Dalam model matematik digunakan notasi, simbol-simbol dan persamaan-persamaan matematik untuk mempresentasikan suatu sistem. Variabel yang ada menggambarkan obyek yang ada dalam sistem, sedang aktifitas dinyatakan dalam fungsi-fungsi matematik yang saling menghubungkan variabel-variabel tersebut.

Model statik menunjukkan nilai yang diberikan oleh obyek yang ada dalam sistem-sistem pada saat sistem dalam keadaan setimbang. Sebaliknya model dinamik akan mengikuti

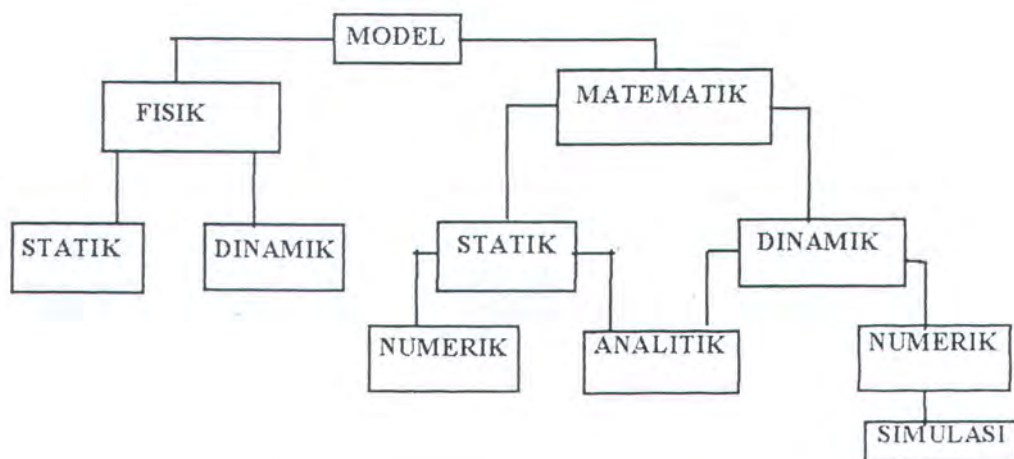
perkembangan menurut waktu sebagai hasil dari aktifitas sistem. Untuk model fisik, misalnya maket dari sebuah kapal adalah merupakan model fisik dari kapal tersebut.

Penggunaan metode analitik berarti suatu cara penalaran yang deduktif dari teori matematis untuk menyelesaikan suatu model sehingga akan didapatkan model yang sesuai dengan sistem yang dianalisa.

Sedangkan penggunaan metode numerik akan banyak menggunakan prosedur komputasi untuk memecahkan persamaan-persamaan matematik.

Model simulasi adalah suatu model yang menggambarkan suatu keadaan, dimana unsur-unsur keadaan itu dinyatakan dengan proses aritmatik dan logika yang dilakukan untuk meramalkan sifat-sifat dinamis keadaan tersebut.

Model simulasi merupakan salah satu teknik atau cara komputasi numerik yang digunakan dalam model matematik dinamik.



Gambar 2.3. Penggolongan model⁵

2.3.2. Uji Statistik

Hasil penelitian yang berupa data-data harus dilakukan pengujian, gunanya adalah untuk mengetahui penggunaan metode yang dipakai sesuai atau tidak. Selain itu juga untuk mengetahui apakah sampel yang diambil berdistribusi uniform. Jadi apabila probabilitas transisi status adalah homogen, maka sampel hasil pengamatan tersebut terdistribusi uniform. Berdistribusi uniform maksudnya adalah bahwa apabila probabilitas transisi dari sejumlah sampel yang mengalami transisi status adalah homogen.

Langkah-langkah yang dilakukan dalam pengujian adalah ⁶:

- 1). Tentukan hipotesa nol (H_0) ; distribusi mengikuti distribusi uniform.

Hipotesa alternatif (H_a) = H_0

- 2). Tentukan taraf significant, dalam hal ini diambil 95% atau $\alpha = 0,05$

- 3). Kriteria pengujian :

Tolak H_0 , terima H_a apabila $\chi^2 > \chi^2 (1 - \alpha) (k - 1)$

Tolak H_a , terima H_0 bila $\chi^2 < \chi^2 (1 - \alpha) (k - 1)$

Perhitungan yang dilakukan untuk pengujian tersebut adalah sebagai berikut :

- 1). Sesuai dengan karakteristik distribusi uniform diskrit, maka jumlah sampel hasil pengamatan mempunyai probabilitas homogen.

- 2). Menentukan frekuensi yang diinginkan (e_i) :

$$e_i = P(x) \cdot x \dots \dots \dots (2.1)$$

$$P(x) = \frac{1}{N} \dots \dots \dots (2.2)$$

⁵ Hottenstein, " Model and Analysis for Production Management ".

⁶ Papoulis, Athanasios, " Probability, Random Variables, And Stochastic Processes", 1984.

$$x = \sum x_i \dots \dots \dots (2.3)$$

dimana :

$P(x)$ = probabilitas hasil pngamatan

x = jumlah sampel yang mengalami transisi status setiap selang dua periode perawatan.

3). Menentukan x^2 dengan rumus :

$$x^2 = \frac{\varepsilon(xi-ei)^2}{ei} \dots \dots \dots (2.4)$$

Dari hasil x^2 hitungan dibandingkan dengan $x^2 (1 - \alpha) (k - 1)$ tabel Chi Square.

2.3.3. Proses Stokastik

Sebelum diuraikan panjang lebar maka perlu dimengerti pengertian dasar dari proses stokastik. Proses stokastik $\{x(t); t \in T\}$ adalah suatu kumpulan dari beberapa variabel random untuk setiap $t \in T$ berlaku $x(t)$ yaitu suatu variabel dengan distribusi tertentu, yang merupakan parameter dari proses tersebut dan himpunan T biasa disebut sebagai himpunan indeks (index set) sedangkan $x(t)$ adalah variabel random yang menunjukkan status dari proses tersebut pada waktu t . Karena $x(t)$ adalah variabel random maka tidak dapat diketahui dengan pasti pada status manakah proses itu akan berada pada waktu t bila t merupakan saat terjadinya status diwaktu yang akan datang. Himpunan semua harga yang mungkin bagi $x(t)$ disebut ruang status (state - space) dari proses.

Dapat disimpulkan bahwa proses stokastik adalah suatu himpunan variabel-variabel random yang saling berkaitan yang menggambarkan evolusi waktu ke waktu pada suatu proses⁷.

⁷ Papoulis, Athanasios, "Probability, Random Variables, And Stochastic processes," .

Apabila diketahui suatu bilangan nyata $x(t_n)$ disebut suatu nilai yang mungkin atau status dari proses stokastik $\{x(t); t \in T\}$, bila ada $t \in T$, sedemikian hingga probabilitasnya adalah :

$$P\{x(t_n)-h \leq x(t) \leq x(t_n)+h\}$$

Adalah positif untuk setiap h lebih besar atau sama dengan nol.

Untuk menggambarkan suatu proses stokastik $\{x(t); t \in T\}$ yang sesuai dengan definisi perlu diketahui hukum probabilitas dari macam variabel random yang terkait tersebut, secara lengkap adalah : $x(t); t \in T$ bila untuk setiap n dan untuk tiap-tiap :

$$t_0 \leq t_1 \leq t_2 \dots \leq t_{n-1} \leq t_n, \text{ berlaku}$$

$$F_x(t_0), x(t_1), x(t_2), \dots, x(t_n) =$$

$$P\{x(t_n) \leq x_n, x(t_{n-1}) \leq x_{n-1}, \dots, x(t_0) \leq x_0\}$$

Secara sederhana dapat diungkapkan, bahwa bila diketahui besarnya probabilitas pada waktu inspeksi yang akan datang proses tersebut berada pada status x_n dengan diberikan informasi bahwa proses tersebut berada pada status x_{n-1} pada inspeksi satu periode sebelum x_n , dan pada status x_{n-2} pada saat inspeksi satu periode sebelum x_{n-1} atau dua periode sebelum x_n dan seterusnya, maka akan dapat dibuat segala macam perkiraan probabilitas yang akan terjadi pada proses tersebut disaat-saat yang akan datang. Didalam menganalisa suatu proses stokastik perlu ditambahkan beberapa asumsi terhadap hubungan $x(t_0), x(t_1), x(t_2), \dots, x(t_n)$ dan tiap-tiap asumsi yang diambil tersebut akan menghasilkan suatu proses khusus yang semuanya tergolong sebagai proses stokastik secara umum.

2.3.3.1. Proses Marcov Chain

Proses stokastik dikatakan sebagai proses Markov Chain apabila perkembangannya dapat diperlakukan sebagai deretan peralihan diantara nilai-nilai tertentu yang disebut sebagai status proses yang mempunyai sifat-sifat bahwa bila diketahui proses berada pada status tertentu, maka kemungkinan berkembangnya proses dimasa yang akan datang hanya tergantung pada status saat ini, dan tidak tergantung dengan cara bagaimana proses itu mencapai status tersebut.

Proses Markov Chain diklasifikasikan sesuai dengan sifat himpunan indeks waktu pengamatan proses, serta sifat ruang statusnya. Himpunan indeks waktu pengamatan proses dapat bersifat diskrit maupun kontinyu, baik terbatas maupun tidak terbatas. Dalam penulisan ini pembahasan hanya akan dibatasi pada proses Markov waktu diskrit yang beruang status diskrit terbatas.

Proses dikatakan berwaktu diskrit $x(t)$, $t = 0, 1, 2, \dots$ disebut sebagai proses Markov terbatas, jika untuk suatu himpunan titik waktu diskrit $t = 0, 1, 2, 3, \dots, N$ kemungkinan bersyarat terjadi $x(t)$. Bila diketahui $x(0)$, $x(1)$, $x(2)$, \dots , $x(t-1)$ hanya tergantung pada nilai $x(t-1)$, yakni nilai terakhir yang diketahui. Jelasnya untuk sembarang harga $k_0, k_1, k_2, \dots, i, j$ maka diperoleh :

$$P [x(t) = j / x(0) = h_0, x(1) = h_1, x(2) = h_2, x(t-1) = i]$$

$$P [x(t) = j / x(t-1) = i] \dots \dots \dots (2.5)$$

Jadi dapat diungkapkan bahwa proses Markov adalah apabila diketahui proses saat ini maka masa depan dari proses tidak tergantung pada proses masa lalunya⁸. Tetapi tergantung pada status proses pada saat ini. Sedang secara umum dapat dinyatakan sebagai suatu proses Markov

⁸ Hiller, F. Gerald, J." Introduction to Operations Resears".

Chain adalah suatu proses stokastik berwaktu diskrit dimana setiap variabel random, $x(i)$, hanya tergantung pada variabel random yang mendahului, $x(i-1)$, dan hanya mempengaruhi pada variabel random berikutnya, $x(i+1)$. Jadi Markov chain disini adalah menyatakan adanya pertalian atau kaitan atau mata rantai antara variabel-variabel random yang saling bertetangga.

Hukum probabilitas sebuah proses Markov waktu diskrit $x(t); t = 0, 1, 2, 3, \dots$ cukup dinyatakan untuk suatu titik waktu diskrit $t > r > 0$ dan situasi i dan j , suatu fungsi masa probabilitas bahwa proses berada pada status j pada saat t , dinotasikan sebagai berikut :

$$P_i(t) = P[x(t) = j] \dots \dots \dots (2.6)$$

disebut sebagai probabilitas status, dan suatu fungsi masa probabilitas bersyarat bahwa proses berada pada status j pada saat t jika diketahui bahwa proses berada pada status i pada saat r dan dituliskan sebagai berikut :

$$P_{ij}(r, t) = P[x(t) = j / x(r) = i] \dots \dots \dots (2.7)$$

dan disebut sebagai probabilitas transisi.

Proses Markov waktu diskrit disebut mempunyai probabilitas transisi konstan atau disebut homogen bila :

$$t \geq r \geq 0, P_{ij}(r, t)$$

hanya bergantung pada selisih antara t dan r sehingga untuk $r = t - n$ atau $r = n - t$ berlaku sebagai berikut :

$$P_{ij}^{(n)} = P[x(t) = j / x(t - n) = i] \dots \dots \dots (2.8)$$

Khususnya jika homogenitas tersebut untuk $n = 1$, maka berlaku :

$$P_{ij}(1) = P_{ij} = P[x(t) = j / (t - 1) = i] \text{ untuk semua } t > 1 \dots \dots \dots (2.9)$$

disebut juga sebagai probabilitas transisi satu langkah.

Selanjutnya suatu hubungan dasar yang dipenuhi oleh probabilitas transisi satu langkah dari suatu proses Markov $x(t); t = 0, 1, 2, 3, \dots$ adalah apa yang disebut sebagai persamaan Chapman holmogorov, yaitu sembarang titik waktu diskrit dan status-status i, j dan h adalah merupakan :

$$P[x_{(n)} = j / x_{(n-1)} = i]$$

$$= \sum P[x_{(n)} = j / x_{(n-1)} = k] \cdot P[x_{(n-1)} = k / x_{(0)} = i]$$

$$= \sum P[x_{(1)} = j / x_{(0)} = k] \cdot P[x_{(n-1)} = k / x_{(0)} = i]$$

$$= \sum P_{kj} \cdot P_{ik}^{(n-1)}$$

$$= \sum P_{ij}^{(n-1)} \cdot P_{ij} \dots \dots \dots (2.10)$$

Untuk proses Markov yang mempunyai diskrit terbatas, $i, (i = 1, 2, 3, \dots, N)$ maka probabilitas transisinya dapat dinyatakan dalam matriks berdimensi $N \times N$, sehingga $P_{ij}^{(n)}$ dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$P_{ij}^{(n)} = P^{(n)} = \begin{bmatrix} P_{11}^{(n)} & P_{12}^{(n)} & P_{1N}^{(n)} \\ P_{21}^{(n)} & P_{22}^{(n)} & P_{2N}^{(n)} \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ P_{N1}^{(n)} & P_{N2}^{(n)} & P_{NN}^{(n)} \end{bmatrix}$$

Demikian halnya dengan persamaan 2.9 dan 2.10 yang dapat dipandang sebagai unsur-unsur dari matrik probabilitas transisi satu langkah P , dan matrik Chapman-Kolmogorov yaitu sebagai berikut ⁹:

$$P = P_{ij} = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} & P_{2n} \\ : & : & : \\ P_{n1} & P_{n2} & P_{nn} \end{bmatrix}$$

Jika sembarang $n > m > 1$ persamaan Chapman Kolmogorov adalah :

$$P_{ij}^{(n)} = \sum P_{ik}^{(m)} \cdot P_{kj}^{(n-m)} \dots\dots\dots (2.11)$$

Di atas adalah merupakan probabilitas bersyarat yang dimulai dari status i , berubah ke k , setelah m langkah, dan menuju status j dalam $(n - m)$ langkah.

Untuk $m = 1$ dan $m = n - 1$, berlaku sebagai berikut :

$$P_{ij}^{(n)} = \sum_{k=0}^m P_{ik} \cdot P_{kj}^{(n-1)} \dots\dots\dots (2.12)$$

$$\text{atau } P_{ij}^{(n)} = \sum_{k=0}^m P_{ik}^{(n-1)} \cdot P_{kj} \text{ untuk semua } i, j, n. \dots\dots\dots (2.13)$$

Jadi probabilitas transisi n langkah dapat diperoleh dari probabilitas transisi satu langkah.

Secara umum matriks transisi n langkah dapat diperoleh sebagai berikut :

$$\begin{aligned} P^{(n)} &= P.P.P.\dots\dots\dots P \\ &= P^n \\ &= P.P^{n-1} \\ &= P^{n-1}.P \dots\dots\dots (2.14) \end{aligned}$$

⁹ Ramakumar, R, Engineering Reliability Fundamentals and Applications, 1993.

Dengan demikian maka matrik probabilitas transisi n langkah dapat diperoleh dengan meningkatkan matrik transisi satu langkah dengan pangkat n .

2.3.3.2. Penaksiran Parameter Proses Markov Waktu Diskrit Homogen

Penaksiran parameter-parameter dapat dilakukan dengan menentukan sejumlah data tentang lintasan status yang dialami oleh sampel selama mengalami proses transisi status pada selang waktu tertentu. Untuk mendapatkan data transisi status dari sampel ada dua pengamatan proses Markov yaitu :

- 1). Pengamatan terhadap peralihan status sampel pada selang waktu yang sangat panjang.
- 2). pengamatan terhadap peralihan status sampel pada selang waktu tertentu.

Dan pada penulisan ini hanya akan dibahas mengenai pengamatan peralihan status sampel pada selang waktu tertentu saja.

Proses Markov berwaktu diskrit dan berstatus diskrit adalah terbatas $x(t)$, $t = 0, 1, 2, 3, 4, \dots$ ditentukan oleh hukum probabilitas secara lengkap oleh parameter P_{ij} , ($i, j = 1, 2, 3, 4, \dots, N$) yang disebut sebagai probabilitas transisi homogen satu langkah.

Pada proses Markov dengan variabel status i , $i = 1, 2, 3, 4, \dots, N$ dilakukan pengamatan pada saat-saat diskrit $t = 0, 1, 2, 3, 4, \dots, T$; $P_{ij}(t)$ adalah probabilitas bersyarat suatu individu sampel berada pada status i pada saat t dan berada pada status j pada saat $(t - 1)$, maka dianggap terdapat $m; (0)$ individu sampel pada saat status ke saat nol.

Pengamatan dilakukan pada setiap status yang terdapat kemungkinan suatu individu sampel berada pada saat $t = 0, 1, 2, 3, \dots, T$, sehingga akan memperoleh hasil pengamatan yang berupa himpunan-himpunan status $i(0), i(1), i(2), \dots, i(T)$.

Apabila didalam pengamatan terdapat $m_{ij}(t)$ ($i, j = 1, 2, 3, \dots, N$ dan $t = 0, 1, 2, 3, \dots, T$), merupakan himpunan-himpunan yang membentuk suatu statistik untuk status yang diamati. Bagi suatu proses Markov yang probabilitas transisinya homogen maka himpunan $m_{ij} = E m_{ij}(t)$ akan membentuk himpunan statistik yang uniform. Proses Markov Chain dalam jangka panjang probabilitas transisinya akan menjadi status yang mantap (steady state). Untuk Markov Chain yang ergonic atau yang positif dan terjadi secara periodik berulang-ulang dan tak dapat diperkecil lagi, maka akan didapat limit yang nyata dan tidak tergantung pada nilai i .

$$\lim_{n \rightarrow \infty} P_{ij}^{(n)} = \pi_j \dots \dots \dots (2.15)$$

Dimana π_j merupakan probabilitas pada status j , yang memenuhi persamaan steady state :

$$\pi_j > 0$$

$$\sum_{j=0}^M \pi_j = 1 \quad \text{untuk } j = 0, 1, 2, 3, \dots, M \dots \dots \dots (2.16)$$

$$\sum_{j=0}^M \pi_j = 1 \dots \dots \dots (2.17)$$

Untuk mengetahui probabilitas yang menyatakan jumlah transisi yang dibuat oleh suatu proses dari status i ke status j untuk pertama kalinya. Jangka waktu yang diperlukan untuk menjadikan suatu proses dari status i ke status j disebut lintasan waktu pertama. Jika $j = i$, lintasan waktu pertama ini disebut perulangan waktu untuk status i . Untuk jangka waktu yang panjang

probabilitas proses dalam keadaan mantap merupakan kebalikan dari perulangan waktu yang diharapkan (μ_{jj}).

Jadi akan berlaku rumus :

$$\pi_j = \frac{1}{\mu_{jj}} \text{ , untuk } j = 0,1,2,3,\dots,M\text{.....(2.18)}$$

Guna menaksir probabilitas homogen satu langkah dengan cara melakukan pengamatan terhadap transisi status individu-individu yang ditarik dari N sampel dirancang dengan metode sebagai berikut :

status	1	2	3	jumlah sampel periode ke (t - 1)
1	m ₁₁	m ₁₂	m ₁₃	m ₁ *
2	m ₂₁	m ₂₂	m ₂₃	m ₂ *
3	m ₃₁	m ₂₃	m ₃₃	m ₃ *
jumlah sampel t	m ₁	m ₂	m ₃	

Dari tabel tersebut nilai probabilitasnya dapat didekati dengan ¹⁰:

$$P_{ij} = \frac{m_{ij}}{m_i^*} = \frac{\varepsilon_{mij}}{\varepsilon_{mi}(t)}\text{.....(2.19)}$$

¹⁰ Tahal, " Operation Researc".



TUGAS AKHIR

BAB III

PERAWATAN DAN PENGENDALIAN SISTEM PERMESINAN KAPAL TERENCANA

BAB III

PERAWATAN DAN PENGENDALIAN SISTEM PERMESINAN KAPAL

TERENCANA

Perawatan adalah suatu konsepsi dari semua aktifitas yang diperlukan untuk menjaga atau mempertahankan kualitas peralatan atau permesinan agar tetap dapat berfungsi dengan baik seperti dalam kondisi sebelumnya. Istilah perawatan dapat diartikan sebagai pekerjaan yang dilakukan untuk menjaga atau memperbaiki setiap fasilitas, seperti permesinan dan peralatan lainnya, sehingga mencapai standar yang dapat diterima.¹¹

Merawat pada suatu standar yang bisa diterima merujuk pada standar yang telah ditentukan oleh organisasi yang melakukan perawatan. Hal ini berbeda dari satu organisasi dengan organisasi yang lain, tergantung keadaan industrinya dan sepadan dengan nilai yang ditetapkan. Misalnya pemeliharaan kapal penumpang dalam hal ini permesinannya akan dilakukan dengan standar perawatan yang lebih tinggi daripada misalnya perawatan bengkel kontraktor yang lebih kecil di lapangan, alasannya adalah menyangkut tingkat keselamatan dan besarnya investasi yang ditanamkan. Standar untuk perawatan kapal di Indonesia ditetapkan dengan peraturan Biro Klasifikasi Indonesia (BKI), tetapi dalam penulisan ini tidak akan dibahas mengenai peraturan BKI tersebut.

¹¹ Supandi, " Manajemen Perawatan Industri",

3.1. BENTUK - BENTUK PERAWATAN PERMESINAN KAPAL

Kerja perawatan permesinan di kapal bisa terencana dan bisa juga tidak terencana. Hanya ada satu bentuk perawatan tak terencana, yaitu perawatan darurat.¹² Sedangkan untuk perawatan terencana terbagi menjadi dua aktifitas utama, yaitu pencegahan dan korektif. Untuk lebih jelasnya bentuk-bentuk perawatan dapat dijelaskan sebagai berikut :

3.1.1. Perawatan Preventif (Preventive Maintenance)

Pekerjaan perawatan yang bertujuan untuk mencegah terjadinya kerusakan, atau cara perawatan yang direncanakan untuk pencegahan (preventif). Perawatan preventif dimaksudkan juga untuk mengefektifkan pekerjaan inspeksi, perbaikan kecil, pelumasan dan penyetelan sehingga peralatan atau mesin-mesin dalam kapal selama beroperasi dapat terhindar dari kerusakan. Perawatan preventif dilakukan sejak awal sebelum terjadinya kerusakan.

Perawatan preventif ini penting untuk diterapkan karena dengan sistem perawatan ini akan dapat menemukan gejala yang menyebabkan gangguan sebelum terjadi kerusakan, sehingga dengan demikian dapat dimungkinkan untuk membuat rencana dan jadwal pekerjaan perawatan di kapal. Perlu diterapkan di kapal karena di kapal proses operasinya kontinyu, dan apabila terjadi kemacetan dalam permesinan yang dapat mengganggu proses operasi dapat menimbulkan kerugian yang tinggi dan akan terbentur juga oleh jadwal pelayarannya.

¹² Antony Corder, Kusnul Hadi, " Teknik Manajemen Pemeliharaan ", 1992

Sistem perawatan preventif dapat diterapkan untuk berbagai bidang pekerjaan tanpa harus melihat besar kecilnya permesinan yang digunakan. Setiap sistem perawatan preventif memerlukan sarana pencatatan berupa bentuk kartu-kartu atau formulir. Banyaknya formulir tergantung pada sistem aktifitas perawatan yang dilakukan. Berikut adalah beberapa bentuk formulir dalam perawatan preventif dan datanya digunakan untuk penyusunan tugas akhir ini.

a. Order Pemeriksaan.

Setiap sistem permesinan atau unit- unitnya harus menjalani pemeriksaan pada semua bagian komponen yang perlu dicek secara periodik, dalam penulisan ini adalah satu bulan sekali. Bagian yang diperiksa dapat diberi keterangan : Baik (B), Gangguan (G), atau rusak (R). Kartu order disimpan untuk diarsipkan perbulan, dan diperlihatkan kepada yang bertanggung jawab setiap awal bulannya, sehingga pekerjaan tiap bulannya dapat berjalan lancar.

Sedangkan dalam penelitian ini hanya mencatat jumlah permesinan yang berada pada status baik (B), Gangguan (G) atau Rusak (R) dan mencatat waktu yang dibutuhkan dalam pemeriksaan tersebut.

b. Catatan Historis Peralatan

Informasi yang dapat diberikan pada kartu ini adalah perawatan preventif dan kerusakan. Hal ini akan membantu dalam menentukan apakah frekuensi pemeriksaan sudah benar dan bila memungkinkan biaya perbaikan dan biaya material dapat dimasukkan.

c. Laporan Kerusakan.

Alasan utama diadakan program perawatan preventif secara formal adalah untuk mengurangi kerugian operasi yang dapat mempengaruhi produktifitas akibat kerusakan sistem permesinan. Dalam hal ini bagian perawatan perlu memperhatikan mengenai adanya laporan kerusakan, dan perlu mengadakan penelitian untuk mengambil tindakan korektif yang dapat menjamin agar tidak terjadi kerusakan lagi. Dalam penulisan ini laporan kerusakan yang digunakan sebagai input adalah kerugian waktu atau waktu perawatan.

d. Analisa Kerusakan.

Analisa kerusakan ini disiapkan secara bulanan oleh bagian pencatatan perawatan preventif. Laporan kerusakan adalah sebagai sumber yang mendasari dalam mempersiapkan laporan ini. Dan pada laporan ini dicatat waktu yang hilang (kerugian waktu) dan kerugian operasi dari masing-masing subsistem permesinan dan kemudian dijumlahkan dengan keadaan yang sama pada bulan-bulan berikutnya, sehingga dapat diketahui total akumulatif selama satu tahun.

3.1.2. Perawatan Korektif (Corrective Maintenance)

Adalah merupakan pekerjaan perawatan yang dilakukan untuk memperbaiki dan meningkatkan kondisi fasilitas permesinan sehingga dapat mencapai standard yang dapat diterima. Perawatan korektif termasuk dalam cara perawatan yang direncanakan.

Dalam perawatan korektif ini dapat mengadakan peningkatan - peningkatan sedemikian rupa, seperti melakukan perubahan atau memodifikasi rancangan peralatan atau permesinan agar

lebih baik. Menghilangkan problem yang merugikan untuk mencapai kondisi yang lebih ekonomis.¹³

3.1.3. Perawatan Berjalan (Running Maintenance)

Adalah merupakan pekerjaan perawatan yang dilakukan pada saat fasilitas atau permesinan dalam keadaan bekerja. Perawatan berjalan ini termasuk cara perawatan yang direncanakan untuk diterapkan pada peralatan atau permesinan dalam keadaan operasi.

Perawatan dalam kondisi berjalan diterapkan pada mesin-mesin yang harus beroperasi terus menerus dalam melayani proses operasional. Kegiatan perawatan dilakukan dengan jalan memonitoring secara aktif. Diharapkan hasil perbaikan yang dilakukan secara tepat dan terencana ini dapat menjamin kondisi operasi tanpa adanya gangguan yang mengakibatkan kerusakan.

3.1.4. Perawatan Prediktif (Predictive Maintenance)

Perawatan prediktif adalah perawatan yang dilakukan untuk mengetahui terjadinya perubahan atau kelainan dalam kondisi fisik maupun fungsi dari sistem peralatan. Biasanya perawatan prediktif dilakukan dengan bantuan pancaindera (lihat, rasakan dan dengar) atau dengan alat-alat monitor yang canggih.

Peralatan bantu yang digunakan dan teknik-teknik yang dipakai dalam memonitor kondisi ini adalah untuk efisiensi kerja agar kelainan yang terjadi dapat diketahui dengan cepat dan

¹³ Supandi, " Manajemen Perawatan Industri ".

tepat. Perawatan dengan sistem monitoring sangat penting dilakukan untuk mendapatkan hasil yang realistis tanpa melakukan pembongkaran total untuk menganalisanya.

3.1.5. Perawatan Setelah Terjadi Kerusakan (Breakdown Maintenance)

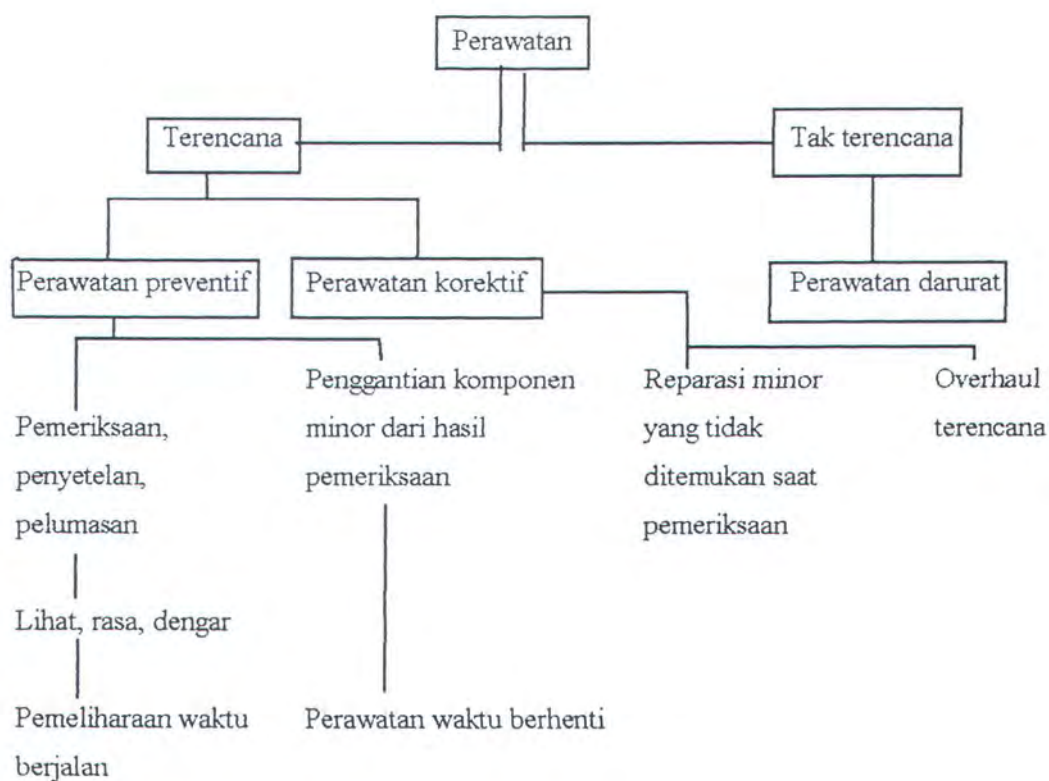
Breakdown maintenance adalah kegiatan perawatan dan pemeliharaan yang dilakukan setelah terjadinya suatu kerusakan atau kelainan pada fasilitas atau permesinan sehingga tidak dapat berfungsi dengan baik. Kegiatan yang dilakukan setelah terjadi kerusakan ini disebut *corrective maintenance*.¹⁴ Perbaikan yang dilakukan karena adanya kerusakan yang terjadi akibat tidak dilakukannya *preventive maintenance* atau telah dilakukan tetapi sampai pada suatu waktu tertentu permesinan akan menjadi rusak. Oleh karena itu kebijaksanaan untuk melakukan *corrective maintenance* saja tanpa adanya *preventive maintenance* akan menimbulkan akibat-akibat yang dapat menghambat atau memacetkan kegiatan pelayaran apabila terjadi suatu kerusakan yang tiba-tiba pada sistem permesinan yang digunakan.

Secara sepiantas lalu *corrective maintenance* sepertinya lebih murah dari pada melakukan *preventive maintenance*. Hal ini adalah benar selama kerusakan yang terjadi sewaktu proses operasi sedang tidak berlangsung, tetapi sekali terjadi pada saat proses operasi sedang berlangsung, maka akibatnya akan lebih parah lagi, yaitu akan melonjaknya biaya-biaya perawatan dan pemeliharaan pada saat terjadi kerusakan tersebut. Dengan demikian sedapat mungkin dapat dicegah dengan mengintensifkan *preventive maintenance*.

¹⁴ Sofjan Assauri, " Manajemen Produksi dan Operasi ", 1993.

3.1.6. Perawatan Darurat (Emergency Maintenance)

Adalah merupakan perawatan yang perlu segera dilakukan untuk mencegah akibat yang lebih serius. Jadi pekerjaan harus segera dilakukan karena terjadinya secara mendadak atau tidak terduga. Perawatan darurat ini termasuk dalam cara perawatan yang tidak direncanakan (unplanned maintenance).



Gambar 3.1. Hubungan antara berbagai bentuk perawatan.¹⁵

¹⁵ Antony Corder, Kusnul Hadi, " Teknik Manajemen Pemeliharaan", 1992.

3.2. PERENCANAAN PERAWATAN PERMESINAN KAPAL

Perencanaan perawatan adalah merupakan pekerjaan yang diorganisasi dan dilakukan dengan pemikiran ke masa depan, pengendalian dan pencatatan. Perencanaan perawatan bukan suatu bentuk khusus perawatan, tetapi merupakan fungsi perawatan yang dilakukan dengan cara ilmiah, yang salah satunya adalah dengan pembahasan pada penulisan ini.

3.2.1. Organisasi Perawatan

Organisasi adalah merupakan suatu social entities yang didirikan untuk mencapai suatu tujuan tertentu dan terdiri dari berbagai posisi yang saling berinteraksi serta distruktur dan dikoordinasikan secara sadar dalam jangka waktu yang relatif tak tentu dalam lingkungan sosial tertentu. Dalam penulisan ini yang dimaksud organisasi adalah merupakan sekumpulan personil yang mempunyai tujuan yang sama untuk kelancaran operasional suatu permesinan kapal.

Keberhasilan suatu perusahaan (industri) sebagian besar tergantung pada sistem organisasi dan pemilihan personil yang menangani bidang perencanaan dan pengoperasian pekerjaan. Khusus untuk kegiatan proses operasi (khususnya di kapal penumpang) akan banyak tergantung pada sistem perawatan yang terencana, sehingga perlu dibentuk organisasi ini agar perawatan dapat berjalan dengan baik, ekonomis dan efektif.

¹⁵ Antony Corder, Kusnul Hadi, " Teknik Manajemen Pemeliharaan", 1992.

3.2.2 Faktor Penunjang Sistem Perawatan dan Pengendalian Terencana.

Pertanyaan yang sering menimbulkan gagasan pokok dalam perawatan adalah apa yang harus dirawat, bagaimana cara merawat dan kapan perawatan dilakukan. Pada bagian ini akan dibahas mengenai dasar-dasar yang diperlukan dalam menunjang sistem perawatan yang terencana. Tak ada yang lebih besar, kecil, sederhana, canggih dalam perawatan ini. Semua fungsi yang mendasar dipakai untuk setiap perawatan walaupun bentuknya berbeda. Antara lain, adalah :

a. Perencanaan Awal.

Sistem perawatan yang direncanakan dapat diterapkan pelaksanaannya dengan baik apabila ada manajemen. Salah satu langkah praktis dalam membuat perencanaan adalah dengan mengadakan pendekatan berdasarkan tinjauan secara umum terhadap seluruh faktor, tenaga kerja dan sumber daya yang lain. Dalam hal ini, antara bagian operasional mesin , bagian penyusunan jadwal perawatan dan bagian penyusunan jadwal pelayaran harus saling mempengaruhi dalam perawatan tersebut. Sehingga program perawatan menjadi jelas dan positif untuk dijalankan.

b. Inventarisasi.

Inventarisasi adalah suatu daftar semua fasilitas yang ada diseluruh sistem, dalam sistem permesinan kapal, maka inventarisasi ini mencakup subsistem-subsistem permesinan yang meliputi subsistem mekanik, subsistem elektrik, subsistem hidrolik dan subsistem pneumatik.

Langkah pertama membuat rumusan perencanaan adalah menentukan apa yang harus di rawat, daftar ini didapat berdasarkan informasi dari sumber yang ada. Adanya

inventarisasi ini harus mengandung informasi yang jelas dan mudah dimengerti dengan cepat sehingga dapat membantu kelancaran pekerjaan perawatan.

c. Identifikasi Permesinan.

Identifikasi ini meliputi simbol identitas dan penandaan fasilitas permesinan. Pemberian identitas diberikan agar tidak terjadi penandaan yang sama pada peralatan yang berbeda. Identifikasi ini harus menciptakan simbol - simbol yang dapat memberikan kondisi sebagai berikut :

- Sistem perawatan harus dirancang secara logis.
- Harus dapat menyesuaikan perubahan - perubahan tanpa mempengaruhi sistemnya.
- Tiap bagian harus mempunyai simbol yang hanya berlaku untuk yang bersangkutan.
- Simbol harus mudah dimengerti, dikenal dan diterapkan pada bagian yang relevan.

Identifikasi dengan penandaan pada permesinan dapat menunjang tujuan dari sistem perawatan dan pengendalian yang direncanakan, dapat pula membantu dalam referensi penyimpanan suku cadang, komponen - komponen, penjelasan instruksi, manual - manual pengoperasian dan teraturnya pelaksanaan kerja dengan tingkat keselamatan yang tinggi.

d. Daftar Fasilitas.

Daftar fasilitas adalah suatu catatan mengenai data - data teknik dari suatu permesinan. Data - data yang dicatat adalah hal - hal penting yang termasuk dalam perencanaan perawatan, dan telah diseleksi dari daftar inventaris berdasarkan tingkat kepentingannya.

e. Daftar Rencana Perawatan.

Adalah merupakan suatu rencana pekerjaan perawatan yang akan dilakukan berdasarkan luasnya kejadian. Data-data yang disusun pada daftar fasilitas merupakan informasi untuk mengetahui tentang peralatan yang akan dirawat, sehingga membantu menentukan bagaimana cara merawatnya.

Untuk melakukan perawatan pada setiap permesinan di kapal perlu adanya daftar rencana yang disusun menurut pekerjaan yang dibutuhkan, seperti inspeksi, pelumasan, penyetelan, penggantian komponen, overhaul dan sebagainya. Frekuensi perawatan perlu dipertimbangkan menurut efisiensi permesinannya.

Daftar rencana perawatan merupakan petunjuk pekerjaan meskipun tidak mutlak, tetapi setidaknya memberi informasi awal untuk melakukan perawatan. Dengan adanya catatan-catatan seperti di atas dan kemudian menganalisa data-datanya, maka dapat membantu untuk mengetahui :

- Peralatan permesinan yang paling sering rusak.
- Waktu dan biaya yang dibutuhkan untuk melakukan perawatan.
- Lamanya waktu operasi yang efisien tanpa rusak atau gangguan.
- Komponen dan material yang digunakan untuk perawatan.
- Biaya perawatan untuk setiap subsistem.

f. Spesifikasi Pekerjaan.

Spesifikasi pekerjaan adalah merupakan suatu keterangan mengenai pekerjaan yang akan dilakukan. dengan adanya spesifikai pekerjaan maka penyelesaian tugas perawatan akan lebih mudah, terarah dan sesuai dengan yang ditentukan. Syarat yang

penting untuk spesifikai pekerjaan perawatan adalah intruksi yang jelas dari daftar rencana perawatan.

g. Perencanaan Waktu Perawatan.

Perawatan pada masing-masing subsistem perlu diseimbangkan, yaitu tidak terlalu kurang (under maintenance) yang dapat menimbulkan kerusakan lebh awal dan tidak terlalu lebih (over maintenance) yang dapat menimbulkan keborosan karena banyak melakukan pekerjaan yang tidak diperlukan.

Periode perawatan dapat ditentukan berdasarkan :

- Menurut skala waktu kalender, misalnya :

- mingguan
- bulanan
- kwartalan
- tahunan

- Menurut waktu operasi, misalnya :

- jam operasi
- jumlah putaran operasi
- jarak tempuh

Perawatan yang dijalankan dengan skala waktu kalender mempunyai keuntungan, karena pekerjaan perawatan dapat direncanakan untuk jangka panjang dan beban kerja dapat diatur. Sedangkan perawatan yang ditentukan dengan skala waktu operasi jika diperhitungkan akan sebanding dengan antara frekuensi perawatan yang dilakukan dengan pemakaian mesin dalam satu periodenya. Bila memungkinkan, pelaksanaan perawatan ditentukan berdasarkan gabungan menurut skala kalender dan waktu operasi,

sehingga rencana program tahunan akan baik. Dengan demikian, alternatif penghentian mesin untuk diadakan perawatan adalah mana yang lebih dulu tiba waktunya, itulah yang dilakukan. Untuk penulisan ini yang dibahas adalah dengan skala waktu kalender saja, yang mana informasi untuk membuat jadwal tersebut diperoleh berdasarkan operasi permesinan.

h. Laporan Pekerjaan.

Adalah suatu catatan yang menyatakan tentang pelaksanaan pekerjaan perawatan yang terjadi pada sistem permesinan. Untuk efektifitas perawatan, perlu adanya informasi berkesinambungan. Dengan umpan balik ini maka dapat diperoleh sistem pengendalian yang mengatur rencana pekerjaan. Dan untuk penelitian ini laporan pekerjaan yang diperlukan adalah waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan perawatan.

3.3. KEBIJAKSANAAN PERAWATAN

Suatu situasi yang sering dihadapi ketika merencanakan perawatan ialah keadaan dimana tidaklah mungkin merencanakan perawatan karena banyaknya perawatan darurat. sebuah keputusan tentang suatu kebijaksanaan harus dibuat, dan ini berarti perawatan terencana harus mendapat prioritas.

Kebijaksanaan terhadap perawatan berguna untuk menyusun rencana-rencana perawatan yang harus dan akan dilakukan. Kebijakan perawatan berguna untuk menentukan beberapa hal sebagai berikut :

- Penentuan terhadap jadwal perawatan preventif maupun korektif.
- Penentuan terhadap periode perawatan preventif.

- Penentuan jumlah tenaga kerja yang dipakai untuk perawatan preventif.

Untuk menentukan kebijaksanaan perawatan maka diperlukan adanya model optimasi.

Adapun secara umum model optimasi yang dipakai digolongkan sebagai berikut :

- Model Stokastik

Model stokastik terdiri atas model stokastik beresiko dan model stokastik tak pasti.

Resiko artinya suatu sifat sistem yang diukur dengan kemungkinan. Untuk item-item yang sifatnya stokastik beresiko sulit untuk memperkirakan saat-saat kerusakan secara tepat, akan tetapi distribusi time to failure untuk setiap item diketahui. Sedangkan untuk item-item yang kerusakannya bersifat stokastik tak pasti, selain kerusakannya tak dapat diketahui, kebijaksanaan optimal untuk kedua model stokastik di atas adalah sama-sama menentukan jadwal perawatan preventif dan korektif.

- Model Deterministik

Model ini mengasumsikan bahwa akibat dari setiap tindakan perawatan dapat dipastikan. Tindakan perawatan periodik dengan selang waktu yang sama merupakan kebijaksanaan perawatan yang optimal.

3.4. PERMASALAHAN DALAM PERAWATAN PERMESINAN KAPAL

Apabila suatu permesinan tidak diadakan perawatan maka tidak akan dibutuhkan biaya untuk merawat permesinan tersebut. Tetapi apabila dikaji lebih mendalam ternyata akan memperbesar jenis kerusakan maupun frekwensi kerusakan. Dan apabila dilakukan perencanaan yang baik untuk perawatan permesinan akan mengurangi jumlah kerusakan, tetapi juga

memperbesar biaya perawatan. Masalah pokok dalam perawatan permesinan adalah masalah teknis dan ekonomis¹⁶. Dimana keduanya adalah merupakan tujuan dari semua upaya diatas.

3.4.1. Masalah Teknis

Agar kegiatan operasional suatu kapal lancar dan terjamin, maka perlu diperhatikan hal-hal teknis sebagai berikut :

- Tindakan apa yang harus dilakukan untuk merawat permesinan yang rusak, yaitu dengan meningkatkan mutu perbaikan, karena mutu perbaikan yang baik akan menekan jumlah kerusakan. Mutu perbaikan yang baik hanya dapat dihasilkan oleh pekerjaan yang mengikuti prosedur dan spesifikasi yang benar.
- Komponen dan peralatan apa saja yang diperlukan untuk menunjang proses di atas. Dimana mutu suku cadang akan mempengaruhi daya tahan dari komponen yang diperbaiki. Penggunaan suku cadang bermutu rendah dengan alasan penghematan perlu dipertimbangkan sebaik-baiknya. Sebab kemungkinan besar yang didapatkan bukan penghematan tetapi justru pemborosan.

3.4.2. Masalah Ekonomi

Dalam masalah ekonomis utamanya adalah bahwa suatu kapal harus dapat menguntungkan perusahaan. Jadi harus diperhatikan besarnya biaya yang terjadi untuk

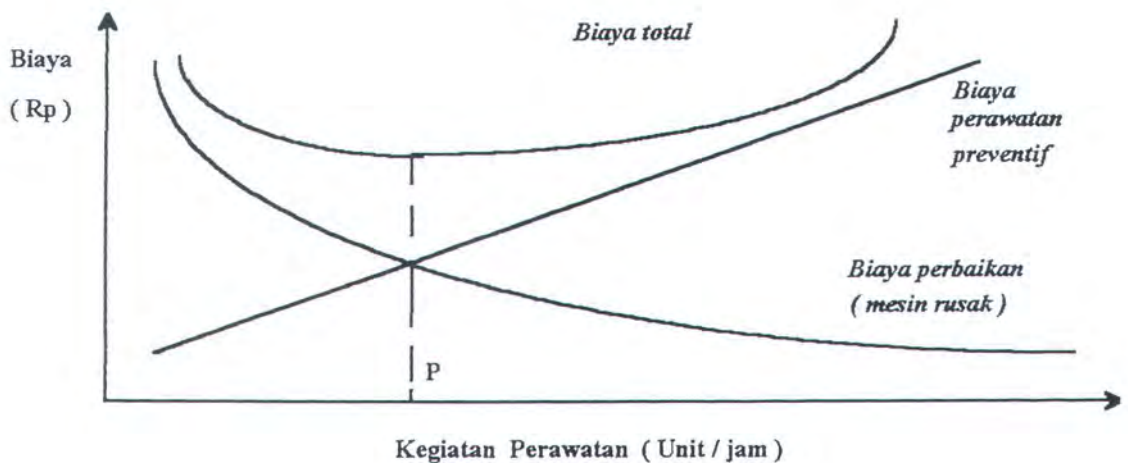
¹⁶

Assauri, Sofjan, " Management Produksi dan Operasi," 1993.

perawatan permesinan yang seefisien mungkin. Dengan demikian perlu diperbandingkan biaya-biaya sebagai berikut :

- Biaya penggantian suku cadang.
- Biaya perawatan yang harus dikeluarkan terhadap harga permesinan itu sendiri.
- Biaya untuk perawatan dan perbaikan dengan jumlah kerugian yang diakibatkan oleh kerusakan selama proses operasi berlangsung.
- Biaya kerusakan dengan adanya perawatan preventif dan tanpa pemeliharaan preventif perlu menjadi pertimbangan.

Jadi secara teknis preventif itu memang perlu dan penting, tetapi secara ekonomis belum tentu yang terbaik. Yang paling penting adalah menentukan biaya yang minimum dengan tanpa mengurangi mutu dari perawatan. Selain itu menentukan tindakan yang harus dilakukan, kapan pemeliharaan preventif dan kapan pemeliharaan korektif sehingga bisa efisien biaya, waktu dan tenaga kerja.¹⁷



Gambar 3.2. Kegiatan perawatan versus biaya¹⁸

¹⁷ Assauri, Sofjan, " Management Produksi ", 1978.

3.5. KEGIATAN PERAWATAN

Kegiatan perawatan adalah merupakan kegiatan atau pekerjaan yang dilakukan oleh satu orang teknisi atau lebih untuk melakukan tindakan perawatan. Proses pekerjaan perawatan suatu mesin atau peralatan pada suatu kapal dilaksanakan sesuai dengan petunjuk dari pabrik dimana mesin atau peralatan tersebut dibuat. Biasanya apabila suatu perusahaan membeli mesin atau peralatan dalam pembelian itu disertakan buku petunjuk mengenai perawatan alat tersebut. Dengan adanya buku petunjuk ini maka kegiatan perawatan akan lebih terarah.

Pelaksanaan kegiatan perawatan mesin dan peralatan suatu dari kapal tergantung pula dari kebijaksanaan perusahaan, yang berbeda satu dengan yang lainnya. Kebijaksanaan pemeliharaan ada ditangan pimpinan, tetapi untuk mencapai efisiensi perlu diperhatikan syarat-syarat untuk melakukan kegiatan perawatan , antara lain :

- Harus ada data mengenai mesin dan peralatan yang ada.
- Harus ada planning dan scheduling.
- Harus ada persediaan suku cadang.
- Harus ada alat-alat perbengkelan yang lengkap.
- Harus ada catatan (record).
- Harus ada laporan, pengawasan dan analisa terhadap mesin dan peralatan yang diadakan perawatan.

Secara garis besar kesuksesan dalam perawatan permesinan selain ditentukan oleh perencanaan yang baik, juga dipengaruhi oleh¹⁹ :

¹⁸ Reksohadiprodjo, Sukanto, " Manajemen Produksi Dan Operasi ", 1995.

¹⁹ Trakindo Utama, PT, " Manajemen Perawatan ", 1994.

1). Kesiapan mekanik dan kemampuannya

Tidak tersedianya mekanik pada saat terjadi gangguan atau kerusakan tentunya akan memperlama waktu tidak berfungsinya suatu permesinan. Mekanik yang kurang terampil akan memperlambat selesainya perbaikan maupun pemeliharaan. Dan yang juga penting adalah kemampuan dalam menganalisa dan menentukan penyebab terjadinya kerusakan.

2). Kesiapan alat kerja

Setiap mekanik akan sulit melakukan pekerjaan dengan baik tanpa alat kerja yang memadai, hal ini tentunya mempengaruhi lama dan mutu perbaikan. Oleh sebab itu peralatan kerja perlu disediakan secukupnya sesuai dengan lingkup pekerjaan yang dilakukan. Perlu diketahui bahwa ada pekerjaan-pekerjaan tertentu, baik untuk menganalisa, perawatan, perbaikan, ataupun penyetelan yang memerlukan alat kerja khusus. Untuk alat kerja yang khusus dan mahal perlu dipertimbangkan dengan baik apakah perlu dimiliki sendiri atau tidak.

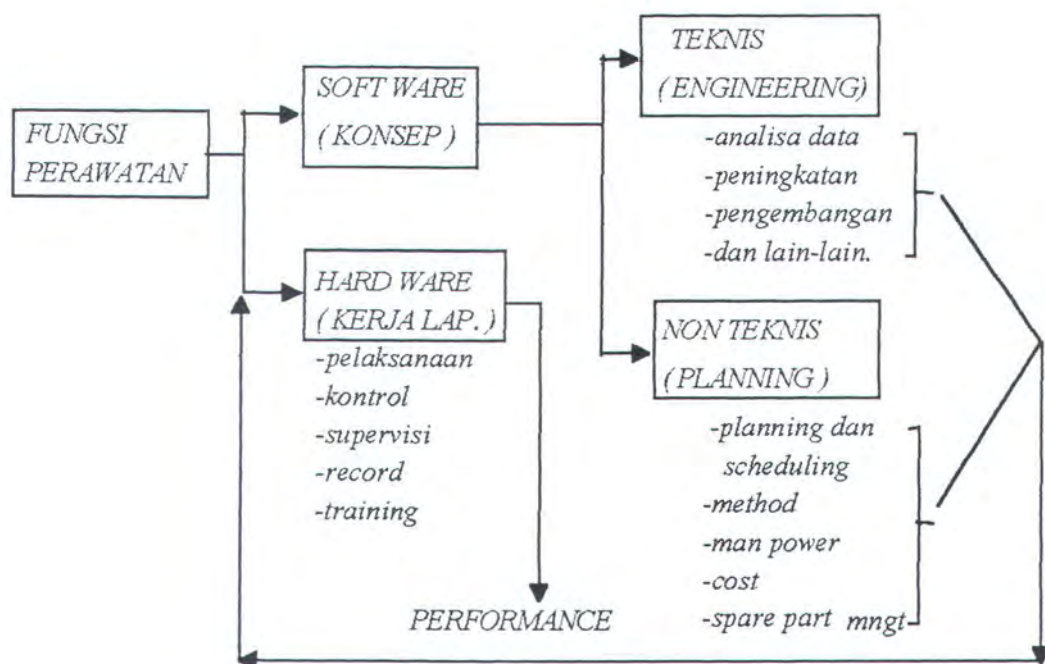
3). Kesiapan suku cadang

Faktor yang ini dirasakan juga menentukan lamanya waktu perbaikan adalah kesiapan suku cadang pengganti. Karena tanpa tersedianya suku cadang pengganti yang diperlukan, perbaikan tidak dapat diselesaikan dengan sempurna.

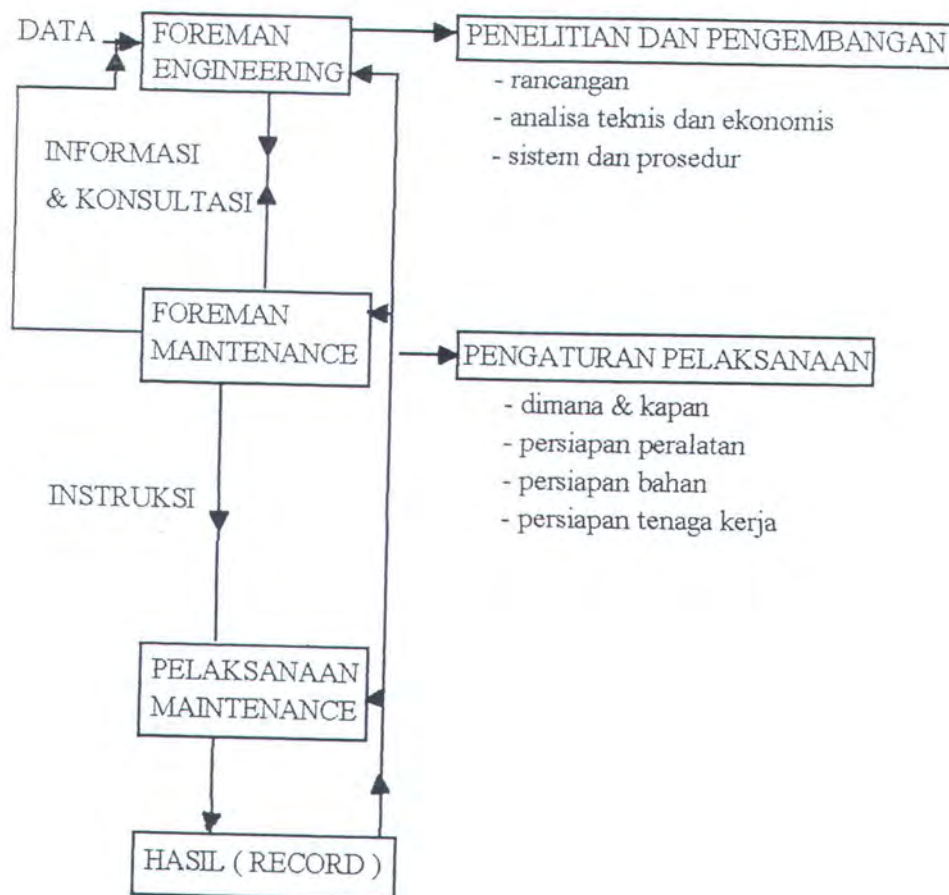
4). Tingkat kerusakan

Kerusakan yang terlanjur parah pada umumnya memerlukan waktu perbaikan lebih lama, karena bertambahnya perbaikan yang dilakukan. Menyadari hal tersebut maka perlu diadakan pencegahan sedini mungkin dengan cara perencanaan perawatan yang baik dan teratur.

Hubungan berbagai hal di atas digambarkan sebagai berikut :



Gambar 3.3 Engineering dalam fungsi perawata.¹⁹



Gambar 3.4 Prosedur pelaksanaan pekerjaan engineering²⁰

3.6. KEUNTUNGAN PERAWATAN PERMESINAN KAPAL TERENCANA

Pemakaian teknik perawatan yang tepat akan mengurangi keadaan darurat dan waktu tidak terpakai, yang mana kedua hal tersebut merupakan prinsip utama penerapan perawatan terencana. Keuntungan perawatan terencana untuk lebih lanjutnya adalah :

- Mengurangi pemeliharaan darurat.
- Mengurangi waktu tidak terpakai.
- Meningkatkan ketersediaan (availability) untuk proses operasi.
- Meningkatkan penggunaan tenaga kerja perawatan.
- Memperpanjang waktu antara overhaul.
- Pengurangan penggantian suku cadang dan membantu pengendalian pesediaan.
- Meningkatkan efisiensi mesin.
- Memberikan pengendalian anggaran dan biaya perawatan.
- Memberikan informasi untuk pertimbangan penggantian mesin yang rusak.



TUGAS AKHIR

BAB IV

PERENCANAAN DAN PENGENDALIAN SISTEM PERAWATAN PERMESINAN KM. LEUSER

BAB IV
PERENCANAAN DAN PENGENDALIAN SISTEM PERAWATAN
PERMESINAN KM. LEUSER

4.1. PENGGUNAAN TENAGA KERJA DAN PERMESINAN

Pengertian mengenai penggunaan tenaga kerja adalah besarnya jumlah waktu yang ada selama para pekerja dipekerjakan dalam kegiatan-kegiatan operasional suatu permesinan. Sedangkan yang dimaksud dengan penggunaan permesinan adalah besarnya jumlah waktu yang ada selama permesinan dipergunakan menurut rencana yang telah ditetapkan²².

Penggunaan permesinan dan tenaga kerja adalah untuk mengukur hubungan antara tenaga kerja dan mesin, guna melihat kemungkinan-kemungkinan untuk memperbaiki penggunaan tenaga kerja dan mesin dan bertujuan untuk membuat kedua unsur ini dapat dipergunakan seefektif dan seefisien mungkin. Perbaikan dalam penggunaan tenaga kerja dan mesin dilakukan dengan mengadakan analisa yang menggunakan prosentase penggunaan orang dan mesin, dan analisa siklus kerja dan siklus waktu yang realistis. Siklus waktu adalah berlangsungnya suatu deretan pekerjaan yang diulang-ulang yang dinyatakan dalam menit-menit dari jam. Sedangkan yang dimaksud siklus kerja adalah siklus selama persiapan dan waktu siklus operasi, yaitu semua pekerjaan yang dikerjakan dengan tangan atau mesin.

Peranan dari penggunaan tenaga kerja dan permesinan adalah untuk menentukan jumlah kembalinya sumber-sumber tenaga kerja dan mesin yang paling efektif dan efisien

²² Sofjan Assauri, "Manajemen Produksi dan Operasi ", 1993.

yang disesuaikan dengan kebijaksanaan pimpinan perusahaan. sehingga dalam hal ini perlu adanya kebijaksanaan yang tepat dan transparan.

4.2. BIAYA PERAWATAN

Perawatan yang merupakan usur sangat penting dalam manajemen perawatan, masih sering dirasakan kurang mendapatkan perhatian sebagaimana seharusnya. Hal ini mungkin karena dampak negatif yang diakibatkan oleh kelalaian dalam perawatan sering kali tidak seketika terasa, sehingga ada yang mencoba untuk mengabaikan dengan berbagai alasan, yang diantaranya ialah disebutkan sebagai penghematan untuk mengejar operasional permesinan yang sebesar-besarnya. Kurangnya perhatian dalam perawatan akan menyebabkan tingginya frekuensi kerusakan dan menumpuknya pekerjaan perbaikan. kalau hal ini tidak disadari penyebabnya, orang hanya akan berkonsentrasi pada perbaikan dan tidak berusaha memperbaiki cara-cara perawatan yang sebetulnya merupakan sumber permasalahannya, yang harus ditangani secara benar untuk dapat keluar dari lingkaran permasalahan yang dihadapi.

Biaya perawatan harus dilihat sebagai investasi untuk menghindari biaya yang dapat jauh lebih besar akibat tingginya jumlah kerusakan, atau untuk menghindari rendahnya tingkat operasional permesinan bila perawatan tidak dilakukan dengan cukup baik dan teratur.

4.3. PERUMUSAN BIAYA PERAWATAN

Pengendalian biaya perawatan adalah merupakan suatu model yang dititik beratkan pada optimasi kebijaksanaan perawatan preventif sehingga dengan demikian komponen-komponen permesinan yang kritis dapat dengan segera diperbaiki sebelum menggagalkan proses suatu sistem secara keseluruhan.

Sistem kebijaksanaan perawatan preventif yang optimal adalah dengan jalan menggabungkan jumlah tenaga kerja yang dipergunakan dan periode waktu pemeriksaan sistem-sistem yang ada. Jadi bila menambah jumlah tenaga kerja maka akan menambah biaya perawatan sistem secara keseluruhan.

Jadwal perawatan preventif harus dibuat sebaik mungkin untuk bisa menekan jumlah perawatan korektif dan perbaikan darurat yang diperlukan, sehingga akan dapat mengurangi down time suatu sistem. Mengurangi waktu dan biaya down time adalah menjadi tujuan utama dalam rangka untuk optimasi sistem perawatan. Optimasi dalam perawatan mempunyai tujuan sebagai berikut :

- 1). Untuk menentukan banyaknya tenaga kerja yang dialokasikan pada setiap perawatan suatu sistem.
- 2). Untuk menentukan periode perawatan sistem secara tepat.

4.3.1. Perumusan Biaya Tenaga Kerja

Perumusan biaya tenaga kerja ini digunakan untuk mengukur besarnya biaya bagi tenaga kerja yang harus dikeluarkan setiap tahun untuk setiap tenaga kerja. Dengan asumsi bahwa T

menyatakan jumlah tenaga kerja yang dipergunakan dan besarnya T dapat ditentukan dengan memasukkan nilai nilai berikut dengan dan dengan mengambil jumlah T yang mempunyai biaya yang paling murah. Persamaan-persamaan yang digunakan adalah :

$$\text{Rumus banyaknya satuan yang rusak pada sistem : } \frac{\lambda}{\mu - \lambda} \quad \text{.....}^{23} \quad (4.1)$$

Dimana :

λ : Kerusakan berdistribusi Poisson subsistem permesinan per jam (lamp. 2).

μ : Rata-rata pelayanan kerusakan setiap jam (Wp).

Dengan diketahui besarnya biaya down time untuk setiap subistem dan besarnya upah tenaga kerja setiap jamnya maka dapat dihitung jumlah tenaga kerja yang paling optimal dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Biaya optimal} = \frac{\lambda}{[(n) \times \mu - \lambda]} \times B_d + (n) \times U_t \quad \text{.....} \quad (4.2)$$

Dengan mengambil biaya perawatan optimal yang paling murah, maka harga n pada nilai tersebutlah yang diambil untuk melakukan perawatan, harga n adalah merupakan jumlah tenaga kerja (T).

Dengan mengasumsikan U_t adalah merupakan biaya rata-rata setiap tenaga kerja pertahun, maka biaya tenaga kerja setiap tahun adalah dapat dirumuskan sebagai berikut :

Biaya tenaga kerja = Upah tenaga kerja x Jumlah tenaga kerja yang dipakai.

$$B_t = U_t \times T \quad \text{.....} \quad (4.3)$$

dimana, B_t : biaya tenaga kerja per tahun.

²³ Sukanto Reksohadiprodjo, " Manajemen Produksi Dan Operasi ", 1995

4.3.2. Perumusan Biaya Down Time

Biaya down time adalah merupakan merupakan biaya yang harus dikeluarkan selama sistem sedang diperbaiki atau sedang diadakan perawatan. Apabila waktu down time diasumsikan dengan n jam kerja dan dijual dengan harga H , dimana H adalah merupakan jumlah dari biaya-biaya yang harus dikeluarkan. Maka besarnya biaya down time adalah :

Biaya down time = waktu down time x harga jual perawatan perjam.

$$Bd = n \times H \dots\dots\dots (4.4)$$

Besarnya harga H dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$H = Tk + Bb + Ov + Profit \dots\dots\dots (4.5)$$

dimana, Tk : harga tenaga kerja

Bb : harga bahan baku

Ov : biaya overhead

Profit : keuntungan yang besarnya ditetapkan sebagai prosentase dari biaya total.

4.3.3. Perumusan Biaya Penyelenggaraan (Set Up) Perawatan Periodik

Biaya penyelenggaraan perawatan periodik adalah biaya yang harus dikeluarkan setiap menyelenggarakan perawatan periodik. Jadi biaya penyelenggaraan perawatan adalah merupakan biaya down time karena pemeriksaan preventif dan perbaikan korektif dalam suatu sistem permesinan. Bila diasumsikan bahwa perawatan untuk setiap sistem dilakukan secara serentak, maka waktu yang dibutuhkan untuk perawatan periodik sistem dinyatakan sebagai jumlah dari rata-rata dari rata-rata waktu pemeriksaan, rata-rata waktu perbaikan aktif dan rata-rata waktu perbaikan korektif untuk seluruh sistem permesinan yang ada. Dengan demikian dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$W_p = W_{1i} + W_{2i} + R_i \dots\dots\dots (4.6)$$

$$W_{1i} = \sum_{i=1}^k W_{1i} \dots\dots\dots (4.6a)$$

$$W_{2i} = \sum_{i=1}^k W_{2i} \dots\dots\dots (4.6b)$$

$$R_i = \sum_{i=1}^k R_i \dots\dots\dots (4.6c)$$

dimana, W_p : waktu perawatan periodik sistem.

W_{1i} : rata-rata waktu pemeriksaan item ke i.

W_{2i} : rata-rata waktu perbaikan preventif item ke i.

R_i : rata-rata waktu perbaikan korektif item ke i.

Dan apabila biaya penyelenggaraan perawatan periodik sistem diasumsikan dengan Bs maka dapat dirumuskan sebagai berikut :

Biaya set up = waktu perawatan periodik sistem x biaya down time sistem

$Bs = Wp \times Bd \dots\dots\dots (4.7)$

4.3.4. Perumusan Biaya Akibat Kerusakan

Suatu item biasanya juga mengalami kerusakan sehingga memerlukan biaya untuk perbaikan korektif, yang mana biaya untuk perbaikan korektif adalah biasanya juga besar. Sedangkandiasumsikan bahwa tenaga kerja tersedia dengan cukup dan dianosa dilakukan secepat mungkin maka waktu yang digunakan untuk menunggu perbaikan tidak ada atau minimal tidak terlalu lama. Diasumsikan pula bahwa biaya down time adalah sangat besar, sehingga biaya-biaya lain yang mungkin dibebankan kepada item yang rusak diabaikan.

Apabila rata-rata waktu untuk mengadakan diagnosa dan memperbaiki item yang rusak adalah Ri dan saat itu diperlukan biaya down time sebesar Bd dan besarnya biaya kerusakan setiap item ke i diasumsikan S_{3i} maka didapatkan persamaan :

Biaya kerusakan tiap item = rata-rata waktu diagnosa dan perbaikan x biaya downtime.

$S_{3i} = Ri \times Bd \dots\dots\dots (4.8)$

4.3.5. Perumusan Biaya Marginal

Biaya ekstra yang harus dikeluarkan akibat adanya utilitas ekstra dari suatu sistem disebut dengan biaya marginal atau biaya tambahan. Biaya perawatan dan biaya perbaikan adalah merupakan biaya marginal.

Besarnya biaya marginal tergantung pada besarnya biaya down time dan jumlah tenaga kerja yang dipakai. Dan diasumsikan bahwa penambahan beban kerja untuk setiap item didistribusikan secara merata untuk T orang tenaga kerja, asumsi dari biaya marginal dilambangkan dengan S_{1i} maka didapat persamaan :

Biaya marginal = beban kerja setiap item x biaya down time

$$S_{1i} = \frac{w_{1i}}{T} \times B_d \dots \dots \dots (4.9)$$

Sedangkan biaya marginal jam kerja yang dipakai untuk perbaikan item ke i selama perawatan preventif didapat :

$$S_{2i} = \frac{w_{2i}}{T} \times B_d \dots \dots \dots (4.10)$$

dimana, S_{2i} : biaya marginal jam kerja yang dipakai untuk perbaikan item ke i.

4.4. PERUMUSAN MODEL PERAWATAN PERMESINAN

Setiap periode perawatan terhadap item-item akan memerlukan biaya untuk pemeriksaan dan biaya untuk perbaikan (bila diperlukan). Besar kecilnya perawatan tergantung dari besar kecilnya gangguan yang terjadi pada setiap sistem. Perumusan model ini akan menentukan besarnya biaya perawatan untuk masing-masing item dan kemudian untuk menentukan biaya total perawatan dari sistem secara keseluruhan.

Dengan asumsi suatu item diperiksa setiap k_i kali, periode pendek yang ditetapkan P , dimana P menyatakan waktu antara pemeriksaan periode sistem dalam tahun, maka perawatan item i dapat diduga dengan persamaan $k_i.P$ dengan $k_i = 1,2,3,4,\dots,N$. Jadi besarnya beban biaya masing-masing item adalah :

4.4.1. Perumusan Model Biaya Pemeriksaan

Besarnya biaya pemeriksaan untuk setiap item i per tahun tergantung dari besarnya biaya marginal untuk pemeriksaan (S_{ii}), maka besarnya biaya pemeriksaan dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$Bp = \frac{1}{k_i.P} \times S_{ii} \dots\dots\dots (4.11)$$

dimana, Bp : model biaya pemeriksaan.

S_{ii} : biaya marginal untuk melakukan pemeriksaan.

4.4.2. Perumusan Model Biaya Perbaikan Preventif

Besarnya biaya untuk perbaikan preventif tergantung dari besarnya biaya marginal untuk melakukan perbaikan tiap item-item. Apabila diasumsikan probabilitas adanya perbaikan item i setelah suatu pemeriksaan preventif P_i , maka biaya perbaikan preventif item ke i per tahun adalah :

$$B_{pp} = \frac{P_i}{k_i.P} \times S_{2i} \dots\dots\dots (4.12)$$

dimana, B_{pp} : model biaya perbaikan preventif.

S_{2i} : biaya marginal jam kerja yang dipakai untuk perbaikan item ke i .

4.4.3. Perumusan Model Biaya Perbaikan Korektif

Besarnya biaya perbaikan korektif tergantung dari jumlah kerusakan yang terjadi pada setiap periode perawatan. P_i diasumsikan probabilitas kerusakan item ke i selama periode perawatan adalah A_i , maka biaya perbaikan korektif adalah dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$B_{pk} = \frac{A_i}{k_i.P} \times S_{3i} \dots\dots\dots (4.13)$$

dimana, B_{pk} : model biaya perbaikan korektif.

S_{3i} : biaya kerusakan.

Di depan telah dijelaskan bahwa besarnya biaya penyelenggaraan (set up) adalah B_s , maka besarnya biaya penyelenggaraan perawatan periodik per tahun adalah :

Biaya set up dibagi dengan tenaga kerja yang digunakan dalam satu tahun

$$= \frac{1}{T} \times B_s \dots \dots \dots (4.14)$$

Keseluruhan dari biaya perawatan (S) tersebut adalah merupakan jumlah dari biaya pemeriksaan, biaya perbaikan, biaya penyelenggaraan periodik serta biaya tenaga kerja. Jadi total biaya perawatan sistem permesinan adalah :

$$S = \sum S_i + \frac{1}{T} \times B_s + T \times U_t \dots \dots \dots (4.15)$$

$$\text{dimana, } S_i = \frac{1}{k_i.P} \times S_{1i} + \frac{P_i}{k_i.P} \times S_{2i} + \frac{A_i}{k_i.P} \times S_{3i}$$

$$= \frac{1}{k_i.P} \times (B_d \cdot \frac{W_{1i}}{T}) + \frac{P_i}{k_i.P} \times (B_d \cdot \frac{W_{2i}}{T}) + \frac{A_i}{k_i.P} \times (B_d \cdot R_i).$$

$$\text{Maka, } S = \frac{1}{k_i.P} \times (B_d \cdot \frac{W_{1i}}{T}) + \frac{P_i}{k_i.P} \times (B_d \cdot \frac{W_{2i}}{T}) + \frac{A_i}{k_i.P} \times (B_d \cdot R_i) + \frac{1}{T} \times B_s + T \cdot U_t$$

Bila harga k_i dan T telah ditetapkan maka untuk meminimumkan S ditentukan oleh B . Apabila harga T belum ditetapkan maka biaya minimum dapat dicari dengan membuat tabel S dan T dan B yang berbeda. Setelah diperoleh harga S untuk T dan B yang berbeda, selanjutnya menentukan harga S yang paling minimum. dapat diperoleh dengan menentukan pasangan T dan B , yaitu dengan membuat tabel S untuk setiap pasangan harga (T, B). Pada masalah ini harga B_s dan U_t tidak tergantung pada ketiga biaya pemeriksaan S_{2i} , biaya jumlah T , B dan k_i . Besarnya S_i hanya tergantung pada ketiga fungsi biaya pemeriksaan S_{2i} , biaya perbaikan

preventif S_{1i} , dan biaya perbaikan korektif S_{3i} serta fungsi-fungsi probabilitas A_i dan P_i . Perawatan permesinan dilakukan setiap bulan.

4.5. KEPUTUSAN MARKOV

Suatu sistem permesinan dalam operasionalnya akan mengalami beberapa kemungkinan transisi status yang berubah-ubah dari status satu ke status yang lainnya. Jadi dalam selang waktu tertentu akan terjadi perubahan status, dan untuk mengembalikan fungsi status perlu adanya beberapa tindakan yang sesuai dengan kondisi status. Misalnya adalah perbaikan status setelah berada pada status 3 (kerusakan), maka pada status 1 dan status 2 dibiarkan saja. Dan apabila kebijaksanaan berubah, yaitu perbaikan dilakukan pada status 1 dan status 2 maka probabilitas transisi menjadi berubah. misalnya adalah item pada status 2 diperbaiki maka kembali pada status 1, item yang berada pada status 3 diperbaiki kembali pada status 1, sehingga keputusan-keputusan tersebut dapat ditulis sebagai berikut :

Keputusan	Status	Item	Tindakan
I	1	(Baik)	tidak dilakukan apa-apa
II	2	(Gangguan)	perbaikan pada pemeriksaan berikutnya
III	3	(Rusak)	perlu perbaikan secepatnya

Pada selang waktu yang pendek, t , dimana kemungkinan suatu item tidak akan mengalami lebih dari satu kali transisi, tetapi cukup lama waktu yang diperlukan untuk melakukan perbaikan item yang telah mengalami kerusakan. Jika item dalam keadaan gangguan dan tidak mengalami transisi ke status baik, maka akan beralih ke status rusak. dan jika suatu item berada status rusak, akan tetap berada pada sistem rusak, atau dengan kata lain suatu item yang memburuk akan

tetap memburuk sampai selang pemeriksaan berikutnya, atau bila tidak ada pemeriksaan item akan rusak selama selang tersebut dan akan diperbaiki pada pemeriksaan berikutnya.

Dari asumsi-asumsi di atas maka dapat dijelaskan bahwa suatu item mempunyai probabilitas transisi Prs, yaitu bahwa suatu item berada pada status i, maka pada selang waktu berikutnya akan beralih ke status j. Bentuk dari probabilitas transisi tersebut adalah :

		Status akhir (j)		
		1	2	3
Status awal (i) =	1	P11	P12	P13
	2	0	P22	P23
	3	1	0	0

Nilai dari probabilitas transisi dari matrik terjadi pada selang waktu t. Uraian tersebut diatas merupakan suatu bentuk proses Markov Chain yang berwaktu diskrit dan status terbatas yang probabilitasnya item berada pada status r pada akhir selang ke (n + 1) , π_j^n yang dapat dinyatakan seperti pada persamaan 2.17 dan 2.18.

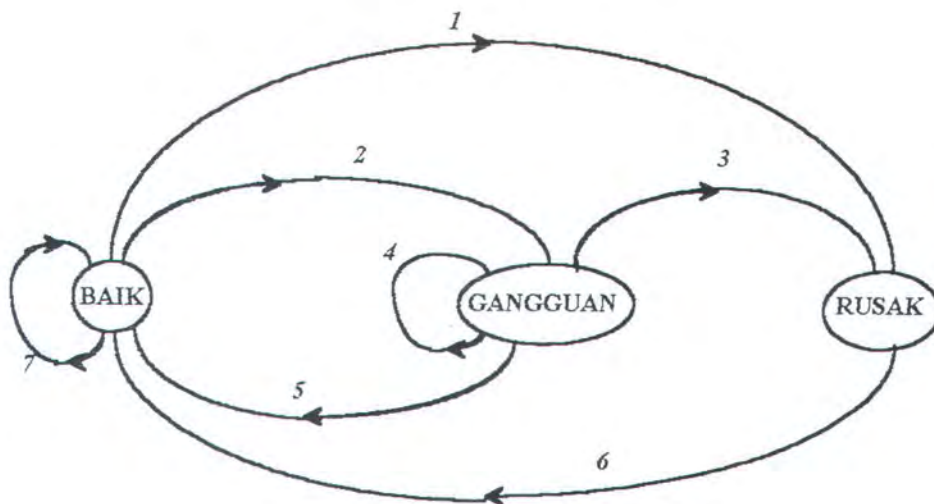
Dengan demikian probabilitas adanya suatu perbaikan preventif item ke i, P_i setelah n selang waktu antara pemeriksaan periodik adalah :

$$P_i = \pi_2(n) \dots \dots \dots (4.16)$$

Dan $\pi_2(n)$ adalah probabilitas item yang berada pada status gangguan pada akhir selang waktu ke n. Sedangkan besarnya ekspektasi waktu item ke i adalah E_i selama selang waktu n.

$$E_i = \sum_{s=1}^n \pi_3(s) \dots \dots \dots (4.17)$$

Untuk $s = 1$ maka harga E_i dapat didekati dengan π_3 , yaitu probabilitas item yang berada pada status rusak.



KETERANGAN :

1. Tanpa dilakukan perawatan dan pemeriksaan
2. Dilakukan perawatan dan pemeriksaan.
3. Dilakukan perawatan dan pemeriksaan.
4. Tidak dilakukan perawatan dengan segera.
5. Dilakukan perawatan dan pemeriksaan teratur.
6. Dilakukan perbaikan.
7. Dilakukan pemeriksaan dan perawatan teratur.

Gambar 4. 1 Transisi status permesinan.



TUGAS AKHIR

BAB V

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

BAB V

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Data-data yang digunakan untuk memecahkan permasalahan dalam penelitian ini dibagi dengan dua pola data, yaitu untuk sistem dan subsistem yang masing-masing sebagai berikut :

Data sistem :

1. Biaya down time.
2. Biaya tenaga kerja.
3. Biaya penyelenggaraan perawatan periodik.

Data subsistem :

1. Jumlah sampel yang mengalami transisi status untuk item ke i.
2. Waktu pemeriksaan item ke i.
3. Waktu perbaikan preventif item ke i.
4. Waktu kerusakan item ke i.
5. Jumlah sampel yang berada pada status baik, gangguan dan rusak untuk masing-masing item.

5.1. ANALISA DATA

Untuk menganalisa data hasil percobaan ini maka akan dilakukan langkah-langkah sebagai berikut :

5.1.1. Uji Distribusi Jumlah Sampel Yang Mangalami Transisi status

Untuk pengujian ini akan dilakukan pada setiap subsistem permesinan atau pada setiap item, yang mana di depan telah diberikan hipotesa yang menyatakan bahwa :

H_0 = jumlah sampel yang mengalami transisi status berdistribusi uniform.

$H_a = H_0$.

$$P(x) = \frac{1}{N}$$

$$x = \sum x_i$$

(2.1)

1. Uji distribusi transisi status untuk subsistem mekanik (item 1).

Dari hasil pengolahan data pada tabel A1 dilampiran 1 dan berdasarkan persamaan 2.1 dan persamaan 2.4 yang telah ditetapkan diatas, yaitu :

$$e_i = P(x) \cdot x$$

$$\chi^2 = \frac{\sum (x_i - e_i)^2}{e_i} \text{ ,maka dapat dibuat tabel V.1 sebagai berikut :}$$

Transisi status	e_i	χ^2
1 ke 1	23,63636	0,446154
1 ke 2	1,45455	8,749973
1 ke 3	1,27273	11,14283
2 ke 2	1,00000	8,00000
2 ke 3	1,45455	4,624986
3 ke 1	2,00000	1,00000

2. Uji distribusi transisi status untuk subsistem elektrik (item 2).

Dari hasil pengolahan data pada tabel A2 di lampiran 1 dengan persamaan 2.1 dan 2.4, yaitu :

$$e_i = P(x).x$$

$$\chi^2 = \frac{\sum (x_i - e_i)^2}{e_i}, \text{ maka dapat dibuat tabel V.2 sebagai berikut :}$$

Transisi status	e_i	χ^2
1 ke 1	80,182	0,51927
1 ke 2	3,7273	2,73168
1 ke 3	1,091	3,0598
2 ke 2	2,6364	3,9999
2 ke 3	2,36364	1,9231
3 ke 1	5,000	2,000

3. Uji distribusi untuk subsistem hidrolik (item 3).

Dari hasil pengolahan data pada tabel A3 di lampiran 1 dengan menggunakan persamaan 2.1 dan 2.4, bahwa :

$$e_i = P(x).x$$

$$\chi^2 = \frac{\sum (x_i - e_i)^2}{e_i}, \text{ maka dapat dibuat tabel V.3 sebagai berikut :}$$

Transisi status	e_i	x^2
1 ke 1	122,36364	0,135215
1 ke 2	2,182	2,58312
1 ke 3	0,8182	4,444344
2 ke 2	1,5455	1,70577
2 ke 3	1,7273	2,42100
3 ke 1	3,3636	3,1353

4. Uji distribusi transisi status untuk subsistem pneumatik (item 4).

Dari hasil pengolahan data tabel A4 di lampiran 1 dengan persamaan 2.1 dan 2.4 yang rumusnya :

$$e_i = P(x) \cdot x$$

$$x^2 = \frac{\varepsilon(x_i - e_i)}{e_i}, \text{ dapat dibuat tabel V.4 sebagai berikut :}$$

Transisi status	e_i	x^2
1 ke 1	23,5455	0,541
1 ke 2	2,5455	2,6428
1 ke 3	0,5455	4,9996
2 ke 2	1,091	4,4844
2 ke 3	1,5455	2,81644
3 ke 1	3,7273	3,41955

Dari hasil tabel Chi Square untuk $\alpha = 0,05$ dan untuk $k = 11$ diperoleh $x \in 0,95 ; 10 = 19,675$.

5.1.2. Perhitungan Probabilitas Status

Didalam menentukan probabilitas status terlebih dahulu akan ditentukan besarnya probabilitas transisinya yang mengalami transisi status, selanjutnya dibentuk matrik transisinya.

Dan juga akan ditentukan lamanya lintasan waktu pertama kalinya atau first passage time :

1. Probabilitas status item 1

Dengan mengolah data hasil penelitian pada tabel A1 dan B1 di lampiran 1 dan 2, maka diperoleh tabel V.5 seperti di bawah :

Pij						
Transisi selang	P11	P12	P13	P22	P23	P31
I/II	22/25	2/25	1/25	2/4	2/4	2/2
II/III	25/26	1/26	0	1/3	2/3	2/2
III/IV	24/27	3/27	0	0	2/2	2/2
IV/V	24/27	2/27	1/27	1/1	0	3/3
V/VI	24/27	2/27	1/27	0	2/2	2/2
VI/VII	25/26	1/26	0	1/3	2/3	2/2
VII/VIII	24/28	3/28	1/28	0	1/1	2/2
VIII/IX	22/25	0	3/25	2/4	2/4	2/2
IX/X	24/27	2/27	1/27	0	2/2	2/2
X/X	23/26	0	3/26	2/2	0	3/3
XI/XII	23/26	0	3/26	2/3	1/3	2/2
Pij	0,823	0,054	0,049	0,393	0,606	1

Matrik transisi satu langkah untuk item ke 1 adalah sebagai berikut :

$$P1 = \begin{bmatrix} 0,823 & 0,054 & 0,049 \\ 0 & 0,393 & 0,606 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Dengan menggunakan persamaan 2.16 dan 2.17 , yaitu : $\pi_j = \sum \pi_i P_{ij}$ dan $\sum \pi_j = 1$, serta hasil matrik transisi tersebut dalam jangka panjang probabilitas terjadinya kerusakan untuk subsistem mekanik pada status baik, gangguan, rusak dalam keadaan mapan atau steady state dapat dituliskan persamaan-persamaanya sebagai berikut :

$$\pi_1 + \pi_2 + \pi_3 = 1$$

$$0,823\pi_1 + \pi_3 = \pi_1$$

$$0,0543\pi_1 + 0,393\pi_2 = \pi_2$$

$$0,049\pi_1 + 0,606\pi_2 = \pi_3$$

Dengan persamaan diatas maka dapat ditentukan besarnya nilai-nilai untuk π_1 , π_2 , π_3 sebagai berikut :

$$\pi_1 = 0,8992$$

$$\pi_2 = 0,0502$$

$$\pi_3 = 0,0506$$

Dengan menggunakan persamaan 2.18, yaitu : $\pi_j = \frac{1}{\mu_j}$, atau dengan menggunakan metode waktu berulang didapatkan :

$$\mu_1 = 1,1121 \text{ satuan waktu.}$$

$$\mu_2 = 19,92 \text{ satuan waktu.}$$

$$\mu_3 = 19,7537 \text{ satuan waktu.}$$

2. Probabilitas status untuk subsistem elektrik (item 2).

Dengan pengolahan data pada tabel A2 dan tabel B2 di lampiran 1 dan 2, maka akan diperoleh tabel V.6 seperti di bawah :

Pij						
Transisi pada selang	P11	P12	P13	P22	P23	P31
I/II	80/86	4/86	2/86	2/4	2/4	5/5
II/III	81/86	3/86	2/86	3/4	1/4	5/5
III/IV	80/85	4/85	1/85	1/4	3/4	6/6
IV/V	84/88	2/88	2/88	1/3	2/3	4/4
V/VI	82/86	3/86	1/86	3/5	2/5	4/4
VI/VII	80/85	5/85	0	2/5	3/5	5/5
VII/VIII	80/85	5/85	0	3/6	3/6	4/4
VIII/IX	80/85	3/85	2/85	3/5	2/5	5/5
IX/X	78/82	3/82	1/82	4/7	3/7	6/6
X/XI	81/86	4/86	1/86	3/5	2/5	4/4
XI/XII	76/81	5/81	0	4/7	3/7	7/7
Pij	0,943	0,044	0,013	0,516	0,489	1

Matrik transisi satu langkah untuk subsistem elektrik adalah :

$$P2 = \begin{bmatrix} 0,943 & 0,044 & 0,013 \\ 0 & 0,516 & 0,489 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Dengan menggunakan persamaan 2.16 dan 2.17 yaitu : $\pi_j = \sum \pi_i P_{ij}$ dan $\sum \pi_j = 1$ serta hasil matrik tersebut dalam jangka panjang probabilitas terjadinya kerusakan untuk status baik, gangguan, rusak serta dalam keadaan mapan dapat dituliskan persamaan-persamaan berikut :

$$\begin{aligned} \pi_1 + \pi_2 + \pi_3 &= 1 \\ 0,943\pi_1 + \pi_3 &= \pi_1 \\ 0,044\pi_1 + 0,5160\pi_2 &= \pi_2 \\ 0,013\pi_1 + 0,4890\pi_2 &= \pi_3 \end{aligned}$$

Penyelesaian persamaan tersebut dapat ditentukan besarnya π_1 , π_2 , π_3 sebesar :

$$\pi_1 = 0,9047$$

$$\pi_2 = 0,0561$$

$$\pi_3 = 0,0392$$

Dengan menggunakan metode recurrent time atau waktu berulang atau dengan menggunakan persamaan 2.18 bahwa $\pi_j = \frac{1}{\mu_j}$ didapat nilai :

$$\mu_1 = 1,105 \text{ satuan waktu.}$$

$$\mu_2 = 17,818 \text{ satuan waktu.}$$

$$\mu_3 = 25,527 \text{ satuan waktu.}$$

3. Probabilitas status untuk subsistem hidrolik (item 3).

Dengan mengolah data pada A3 dan B3 pada lampiran 1 dan 2, maka akan diperoleh tabel V.7 yang harga-harganya sebagai berikut :

Pij						
Transisi pada selang	P11	P12	P13	P22	P23	P31
I/II	121/126	3/126	2/126	2/3	1/3	3/3
II/III	123/126	2/126	1/126	2/4	2/4	2/2
III/IV	120/123	2/123	1/123	1/3	2/3	6/6
IV/V	123/125	1/125	1/125	2/4	2/4	3/3
V/VI	122/125	3/125	0	1/4	3/4	3/3
VI/VII	124/125	1/125	0	2/4	2/4	3/3
VII/VIII	124/127	2/127	1/127	0	1/1	4/4
VIII/IX	121/125	3/125	1/125	2/4	2/4	3/3
IX/X	123/125	2/125	0	2/4	2/4	3/3
X/XI	122/125	2/125	1/125	2/3	1/3	4/4
XI/XII	123/127	3/127	1/127	1/2	1/2	3/3
Pij	0,9761	0,017	0,007	0,447	0,553	1

Matrik transisi satu langkah untuk subsistem hidrolik atau item 3 adalah sebagai berikut :

$$P2 = \begin{bmatrix} 0,9761 & 0,017 & 0,007 \\ 0 & 0,447 & 0,553 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Dengan menggunakan persamaan 2.16 dan 2.17 bahwa $\pi_j = \sum \pi_i.P_{ij}$ dan $\sum \pi_j = 1$ serta hasil dari matrik tersebut, maka dalam jangka panjang probabilitas terjadinya kerusakan untuk status baik, gangguan, rusak serta dalam keadaan mapan atau steady state dapat dituliskan persamaan-persamaan sebagai berikut :

$$\pi_1 + \pi_2 + \pi_3 = 1$$

$$0,9761\pi_1 + \pi_3 = \pi_1$$

$$0,017\pi_1 + 0,4470\pi_2 = \pi_2$$

$$0,007\pi_1 + 0,5530\pi_2 = \pi_3$$

Didapatkan nilai nilai untuk π_1 , π_2 π_3 besarnya adalah :

$$\pi_1 = 0,96034$$

$$\pi_2 = 0,02292$$

$$\pi_3 = 0,01670$$

Dengan menggunakan metode waku berulang (recurrent time) atau menggunakan persamaan 2.18 yaitu $p_j = \frac{1}{\mu_j}$, maka didapat nilai-nilai untuk μ_1 , μ_2 , μ_3 sebagai berikut :

$$\mu_1 = 1,0413 \text{ satuan waktu.}$$

$$\mu_2 = 43,6376 \text{ satuan waktu.}$$

$$\mu_3 = 59,8695 \text{ satuan waktu.}$$

4. Probabilitas status subsistem pneumatik (item ke 4).

Dengan mengolah data pada lampiran 1.A4 dan lampiran 2.B4 maka dapat dibuat tabel V.8 seperti di bawah :

Pij						
Transisi pada selang	P11	P12	P13	P22	P23	P31
I/II	25/28	3/28	0	1/2	1/2	3/3
II/III	24/26	2/26	0	1/3	2/3	4/4
III/IV	23/27	3/27	1/27	2/4	2/4	2/2
IV/V	22/25	2/25	1/25	1/4	3/4	4/4
V/VI	25/27	2/27	0	0	0	6/6
VI/VII	24/27	3/27	0	1/2	1/2	4/4
VII/VIII	23/26	2/26	1/26	1/2	1/2	5/5
VIII/IX	25/28	3/28	0	0	1/1	4/4
IX/X	22/24	1/24	1/24	2/4	2/4	5/5
X/XI	23/28	4/28	1/28	2/4	2/4	1/1
XI/XII	23/27	3/27	1/27	1/3	2/3	3/3
Pij	0,885	0,078	0,021	0,333	0,553	1

Matrik transisi satu langkah untuk subsistem pneumatik (item ke 4) adalah sebagai berikut :

$$P_4 = \begin{bmatrix} 0,885 & 0,078 & 0,021 \\ 0 & 0,333 & 0,553 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Dengan menggunakan persamaan 2.16 dan 2.17, yaitu $\pi_j = \sum \pi_i \cdot P_{ij}$ dan $\sum \pi_j = 1$ serta dengan hasil matrik tersebut , maka dalam jangka panjang probabilitas terjadinya

kerusakan untuk status baik, gangguan, rusak dapat dituliskan persamaan-persamaan sebagai berikut :

$$\pi_1 + \pi_2 + \pi_3 = 1$$

$$0,885\pi_1 + \pi_3 = \pi_1$$

$$0,078\pi_1 + 0,3330\pi_2 = \pi_2$$

$$0,021\pi_1 + 0,5530\pi_2 = \pi_3$$

Dengan menyelesaikan persamaan diatas maka diperoleh harga π_1 , π_2 , π_3 yang besarnya:

$$\pi_1 = 0,81215$$

$$\pi_2 = 0,09445$$

$$\pi_3 = 0,09334$$

Dengan menggunakan metode waktu berulang (recurrent time) atau dengan persamaan 2.18 bahwa $\pi_j = \frac{1}{\mu_j}$ didapatkan :

$$\mu_1 = 1,2313 \text{ satuan waktu.}$$

$$\mu_2 = 10,5876 \text{ satuan waktu.}$$

$$\mu_3 = 10,7135 \text{ satuan waktu.}$$

5.2. ANALISA BIAYA PERAWATAN SISTEM

5.2.1. Menghitung Biaya Perawatan Subsistem

Untuk menghitung biaya perawatan per subsistem atau item-item, maka terlebih dahulu akan dihitung besarnya biaya marginal untuk setiap subsistem. Yang mana biaya marginal adalah biaya tambahan yang diperlukan untuk melakukan pemeriksaan dan perbaikan preventif untuk tiap-tiap item. Selanjutnya akan ditentukan pula besarnya biaya pemeriksaan, biaya perbaikan preventif dan perbaikan korektif (biaya kerusakan). Dari hasil pengamatan di lapangan diketahui bahwa besarnya biaya down time (**Bd**) sistem permesinan kapal KM. LEUSER adalah **Rp 71.500,-** untuk subsistem mekanik, **Rp 50.550,-** untuk subsistem elektrik, **Rp 46.870,-** untuk subsistem pneumatik dan **Rp 45.900,-** untuk subsistem hidrolik.

Sebelum melakukan perhitungan-perhitungan biaya seperti yang telah dirumuskan di atas, maka sebelumnya harus diketahui jumlah tenaga kerja yang akan dialokasikan. Perhitungannya adalah sebagai berikut :

- Kebutuhan tenaga kerja untuk perawatan subsistem mekanik:

Diketahui $W_p / 3 = 4,3954$ jam per mesin.

Jadi pelayanan perjam (μ) adalah 0,23 mesin per jam.

Sedangkan (λ) adalah banyaknya rusak dan gangguan per jam.

$$\lambda = 63 / (12 \times 30 \times 24) = 0,007292 \text{ tiap jam.}$$

Dengan memasukkan data-data diatas ke dalam persamaan 4.2 maka diketahui pemakaian tenaga kerja yang paling optimal adalah **satu orang**.

- Kebutuhan tenaga kerja untuk perawatan subsistem elektrik:

Diketahui $W_{p/3} = 3,1428$ jam per mesin.

Jadi pelayanan per jam (μ) adalah 0,32 mesin per jam.

Sedangkan (λ) adalah banyaknya mesin rusak dan gangguan per jam.

$$\lambda = 119 / (12 \times 30 \times 24) = 0,0138 \text{ setiap jam.}$$

Dengan memasukkan data-data diatas ke dalam persamaan 4.2 diperoleh jumlah tenaga kerja yang paling optimal sebanyak **satu orang**.

- Kebutuhan tenaga kerja untuk perawatan subsistem hidrolik :

Diketahui dari perhitungan didepan bahwa $W_{p/3} = 3,18325$ jam per mesin.

Jadi pelayanan per jam (μ) adalah 0,314 mesin per jam.

Sedangkan (λ) adalah banyaknya mesin rusak dan gangguan per jam.

$$\lambda = 69 / (12 \times 30 \times 24) = 0,007986 \text{ mesin per jam.}$$

Dengan data-data yang telah diketahui maka dengan persamaan 4.2 diperoleh jumlah pemakaian tenaga kerja yang optimal adalah **satu orang**.

- Kebutuhan tenaga kerja untuk perawatan subsistem pneumatik :

Diketahui $W_{p/3} = 4,1066$ jam per mesin.

Jadi besarnya nilai μ adalah 0,2435 mesin per jam.

Sedangkan besarnya kerusakan (λ) = $67 / (12 \times 30 \times 24) = 0,007755$ mesin per jam. Dari analisa data di atas dengan persamaan 4.2, maka kebutuhan tenaga kerja yang optimal sebanyak **satu orang**.

Perhitungan biaya-biaya diatas selanjutnya akan diuraikan sebagai berikut :

1. Menghitung biaya perawatan subsistem mekanik

Dengan menganalisa data pada tabel C1, D1 dan E1 pada lampiran 3, 4 dan 5 dengan persamaan 4.6a, 4.6b dan 4.6c, maka didapatkan harga-harga sebagai berikut :

$$W11 = 0,5611 \text{ jam.}$$

$$W21 = 3,1000 \text{ jam.}$$

$$R1 = 9,5250 \text{ jam.}$$

Dengan memasukkan nilai-nilai tersebut ke dalam persamaan 4.8, 4.9 dan 4.10 dengan hargaT = 1 maka didapatkan :

$$S11 = \text{Rp } 40.118,65-$$

$$S21 = \text{Rp } 221.650,00-$$

$$S31 = \text{Rp } 681.037,50-$$

Dengan memasukkan nilai-nilai tersebut ke dalam persamaan 4.11, 4.12 dan 4.13 dengan harga ki = 1 kali dan periode perawatan 1 bulan sekali, maka diperoleh :

$$\text{Biaya pemeriksaan pertahun adalah : Rp } 481.423,80-$$

$$\text{Biaya perbaikan preventif pertahun adalah : Rp } 4.856.007,60-$$

$$\text{Biaya perbaikan korektif pertahun adalah : Rp } 12.498.160,71-$$

Selanjutnya dengan menjumlahkan nilai-nilai tersebut diperoleh besarnya biaya perawatan total subsistem mekanik (item 1) sebesar :

$$S1 = \text{Rp } 17.835.592,11- \text{ dalam satu tahun.}$$

2. Menghitung biaya perawatan subsistem elektrik.

Dari hasil pengolahan data pada tabel C2, D2 dan E2 didapatkan harga-harga sebagai berikut :

$$W12 = 0,5711 \text{ jam.}$$

$$W22 = 2,1073 \text{ jam.}$$

$$R2 = 6,7500 \text{ jam.}$$

Dengan memasukkan nilai-nilai tersebut ke dalam persamaan 4.8, 4.9 dan 4.10 dengan harga $T = 1$, maka diperoleh nilai-nilai seperti di bawah :

$$S12 = \text{Rp } 28.869,11$$

$$S22 = \text{Rp } 106.525,53-$$

$$S32 = \text{Rp } 341.212,50-$$

dengan memasukkan harga-harga tersebut ke dalam persamaan 4.11, 4.12 dan 4.13 dengan nilai $k_i = 1$ kali dan periode perawatan 1 bulan sekali, maka diperoleh :

$$\text{Biaya pemeriksaan pertahun adalah : Rp } 344.269,32-$$

$$\text{Biaya perbaikan preventif pertahun adalah : Rp } 1.214.902,80-$$

$$\text{Biaya perbaikan korektif pertahun adalah : Rp } 2.427.740,85-$$

Selanjutnya dengan menjumlahkan nilai-nilai tersebut , maka akan diperoleh biaya total perawatan subsistem elektrik pertahun sebesar :

$$S2 = \text{Rp } 3.986.912,97- \text{ dalam satu tahun.}$$

3. Menghitung biaya perawatan subsistem hidrolik

Dari hasil pengolahan data pada tabel C3, D3 dan E3, maka didapatkan harga-harga berikut :

$$W13 = 0,59267 \text{ jam.}$$

$$W23 = 2,25710 \text{ jam.}$$

$$R3 = 6,70000 \text{ jam.}$$

Dengan memasukkan harga-harga tersebut ke dalam persamaan 4.8, 4.9 dan 4.10 dengan harga $T = 1$, maka diperoleh harga-harga sebagai berikut :

$$S13 = \text{Rp } 27.203,55-$$

$$S23 = \text{Rp } 103.600,89-$$

$$S33 = \text{Rp } 307.530,00-$$

Kemudian dengan memasukkan nilai-nilai tersebut ke dalam persamaan 4.11, 4.12 dan 4.13 dengan harga $ki = 1$ kali dengan periode perawatan 1 bulan, maka diperoleh biaya-biaya sebagai berikut :

$$\text{Biaya pemeriksaan pertahun adalah : Rp } 326.442,60-$$

$$\text{Biaya perbaikan preventif pertahun adalah : Rp } 341.477,79-$$

$$\text{Biaya perbaikan korektif pertahun adalah : Rp } 739.680,80-$$

Maka dengan menjumlahkan harga-harga tersebut akan diperoleh besarnya biaya total perawatan subsistem hidrolik pertahun adalah :

$$S3 = \text{Rp } 1.407.601,21- \text{ dalam satu tahun.}$$

4. Menghitung biaya perawatan subsistem pneumatik.

Dari hasil pengolahan data pada tabel C4, D4 dan E4 pada lampiran 3, lampiran 4 dan lampiran 5, maka diperoleh harga-harga sebagai berikut :

$$W14 = 0,55467 \text{ jam.}$$

$$W24 = 2,49020 \text{ jam.}$$

$$R4 = 9,27500 \text{ jam.}$$

Dengan memasukkan harga-harga tersebut ke dalam persamaan 4.8, 4.9 dan 4.10 dengan harga $T = 1$, maka akan diperoleh nilai-nilai :

$$S14 = \text{Rp } 25.997,38-$$

$$S24 = \text{Rp } 116.715,67-$$

$$S34 = \text{Rp } 434.719,25-$$

Kemudian dengan memasukkan harga-harga tersebut ke dalam persamaan 4.11, 4.12 dan 4.13 dengan nilai $ki = 1$ kali dan periode perawatan 1 bulan sekali, maka akan diperoleh besarnya biaya-biaya sebesar :

$$\text{Biaya pemeriksaan pertahun adalah} \quad : \text{Rp } 311.968,56$$

$$\text{Biaya perbaikan preventif pertahun adalah} \quad : \text{Rp } 1.587.426,69-$$

$$\text{Biaya perbaikan korektif pertahun adalah} \quad : \text{Rp } 5.843.043,90-$$

Jadi total biaya perawatan pertahun untuk subsistem pneumatik sebesar :

$$S4 = \text{Rp } 7.742.439,10- \text{ dalam satu tahun.}$$

5.2.2. Biaya Tenaga Kerja

Berdasarkan data yang telah didapat pada KM. Leuser, menyatakan bahwa rata-rata gaji karyawan setiap bulan sebesar Rp 272.500,- sehingga besarnya rata-rata gaji karyawan pertahun adalah $12 \times \text{Rp } 272.500,-$ sehingga besarnya biaya tenaga kerja (Bt) yaitu sebesar Rp 3.270.000,-. Sedangkan jumlah tenaga kerja yang dialokasikan setiap melaksanakan tindakan perawatan akan mempengaruhi besarnya biaya minimum yang harus dikeluarkan untuk sistem permesinan tersebut.

5.2.3. Biaya Penyelenggaraan Perawatan (Set Up) Periodik Sistem

Untuk menghitung besarnya biaya ini terlebih dahulu akan ditentukan besarnya rata-rata waktu yang diperlukan untuk melakukan perawatan periodik sistem yang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 4.6. Sesuai dengan hasil pengolahan data didepan didapatkan :

$$Wp_1 = 13,1861 \text{ jam.}$$

$$Wp_2 = 9,4284 \text{ jam.}$$

$$Wp_3 = 9,5498 \text{ jam.}$$

$$Wp_4 = 12,3199 \text{ jam.}$$

Dengan memasukkan data-data tersebut kedalam persamaan 4.7, yaitu bahwa :

$$Bs = Wp \times Bd$$

Diperoleh harga Bs yang besarnya adalah merupakan dari total $Bs_1 + Bs_2 + Bs_3 + Bs_4$ sebesar $\text{Rp } 942.806,15 + \text{Rp } 476.605,62 + \text{Rp } 438.335,82 + \text{Rp } 577.433,71 = \text{Rp } 2.435.181,30$.

5.2.4. Menghitung Total Biaya Perawatan Sistem

Total biaya perawatan sistem dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan 4.15. Sesuai dengan tujuan penulisan ini, yaitu untuk menentukan total biaya optimal perawatan sistem yang dalam hal ini besarnya dapat dipengaruhi oleh biaya downtime sistem dan besarnya biaya tenaga kerja yang dialokasikan. Dengan persamaan 4.2 besarnya harga T dapat diketahui sebanyak 1 orang tenaga kerja. Nilai inilah yang akan mempengaruhi besar kecilnya total biaya perawatan pertahun, sehingga dengan $T = 1$ dan dengan menggunakan persamaan 4.15 didapat besarnya biaya optimal yang ditetapkan untuk perawatan sistem permesinan kapal penumpang Km. Leuser selama satu tahun sebesar :

$$\begin{aligned} S &= \sum S_i + \frac{1}{T} B_s + B_t \\ &= \text{Rp } 36.677.726,69- \end{aligned}$$

5.3. PEMBAHASAN

5.3.1. Analisa Data Dengan Markov Chain

Dari hasil pengolahan data didapat probabilitas transisi untuk tiap-tiap subsistem, dan selanjutnya dinyatakan dalam bentuk matrik transisi yang masing-masing sebagai berikut :

1. Subsistem mekanik.

$$P1 = \begin{bmatrix} 0,8231 & 0,05431 & 0,0489 \\ 0 & 0,39340 & 0,6061 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

2. Subsistem elektrik.

$$P2 = \begin{bmatrix} 0,9433 & 0,04399 & 0,01273 \\ 0 & 0,516 & 0,484 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

3. Subsistem hidrolis.

$$P3 = \begin{bmatrix} 0,97609 & 0,01739 & 0,00652 \\ 0 & 0,44696 & 0,55300 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

4. Subsistem pneumatik.

$$P4 = \begin{bmatrix} 0,88500 & 0,07754 & 0,02090 \\ 0 & 0,33333 & 0,55300 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Didalam masing-masing matrik diatas didapatkan nilai pada P_{23} sebesar 0,6061 untuk subsistem mekanik yang menunjukkan bahwa kemungkinan terjadinya perubahan status dari status gangguan ke status rusak dari subsistem mekanik lebih besar. Hal ini dimungkinkan bahwa pada suatu periode perawatan tertentu akan cenderung lebih cepat mengalami kerusakan karena subsistem ini sering dipakai atau subsistem tersebut berada pada status gangguan pada periode perawatan sebelumnya.

Pada matrik diatas juga didapat nilai pada P_{32} sebesar 0,516 pada subsistem elektrik, yang berarti bahwa kemungkinan terjadinya perubahan status dari status gangguan ke status rusak pada selang periode perawatan yang berurutan akan lebih lama. Artinya bila suatu subsistem tersebut dalam keadaan gangguan, maka pada selang periode berikutnya masih berada pada status gangguan.

Di dalam matrik diatas juga didapatkan nilai 0,553 pada P_{22} untuk subsistem hidrolik dan subsistem pneumatik yang berarti bahwa kemungkinan terjadinya perubahan status dari status gangguan ke status rusak dari masing-masing subsistem lebih besar. Hal ini dimungkinkan bahwa pada periode perawatan tertentu akan cenderung lebih cepat mengalami kerusakan setelah subsistem tersebut berada pada status gangguan pada selang periode perawatan sebelumnya.

Pada masing-masing matrik diatas juga terdapat nilai 1 pada P_{31} , baik itu untuk subsistem mekanik, subsistem elektrik, susbsistem hidrolik dan subsistem pneumatik. Hal ini menunjukkan bahwa apabila pada periode pemeriksaan dilakukan mesin berada pada status rusak diharapkan pada selang periode pemeriksaan berikutnya yang secara berurutan maka harus menjadi baik.

Untuk elemen-elemen matrik yang bernilai nol pada P_{21} , P_{32} dan P_{33} pada masing-masing matrik, berarti bahwa jika suatu item atau subsistem pada periode tertentu berada pada status rusak maka pada selang periode perawatan berikutnya diharapkan tidak berubah ke status gangguan atau tetap dalam keadaan rusak, tetapi diharapkan untuk diperbaiki secepatnya. Sedangkan pada status gangguan tidak akan berubah menjadi baik dan tidak akan dilakukan perbaikan selama tidak menimbulkan kerusakan pada sistem.

Dengan beberapa analisa yang telah dilakukan diatas maka probabilitas terjadinya kerusakan dan gangguan dalam keadaan mantap (steady state) dalam jangka panjang untuk setiap subsistem mempunyai probabilitas seperti di bawah ini :

Tabel V.9

ITEM	PROBABILITAS		
	BAIK(π_1)	GANGGUAN(π_2)	RUSAK(π_3)
1	0,720920	0,152142	0,127442
2	0,871400	0,079200	0,049410
3	0,960335	0,022916	0,016703
4	0,812150	0,094450	0,093340

Dari tabel IV.9 ini dapat dijelaskan bahwa prosentase gangguan yang paling besar berada pada subsistem mekanik karena pada subsistem ini merupakan subsistem yang selalu terdeteksi secara teratur karena merupakan subsistem yang sangat penting dalam sistem permesinan kapal dan sering dioperasikan untuk operasional sebuah kapal. Sehingga dengan demikian apabila terjadi gangguan pada subsistem ini perlu segera diperbaiki agar operasional kapal tidak terganggu dan prosentase kerusakan tidak bertambah besar.

Prosentase kerusakan yang terbesar juga terjadi pada subsistem mekanik, hal ini menunjukkan bahwa dalam permesinan kapal, subsistem mekanik sering dioperasikan bila dibanding dengan subsistem-subsistem yang lain. Dengan demikian, karena tingkat operasi subsistem mekanik besar bila dibanding dengan subsistem yang lainnya, maka perlu adanya perlakuan yang lebih supaya bila terjadi kerusakan bisa segera diperbaiki dan tidak mengganggu operasional dari sistem secara keseluruhan.

Berdasarkan hasil analisa data dengan periode perawatan yaitu satu bulan sekali, maka ekspektasi lamanya waktu untuk terjadinya proses peralihan adalah sebagai berikut :

Tabel V.10

ITEM	RECURRENT TIME		
	BAIK(μ_1)	GANGGUAN(μ_2)	RUSAK(μ_3)
1	1,38808	6,57281	7,84670
2	1,14758	10,2388	12,6263
3	1,04130	43,6376	59,8695
4	1,23130	10,5876	10,7135

Selanjutnya untuk keempat subsistem tersebut, ekspektasi lamanya waktu terjadinya proses peralihan adalah sebagai berikut :

1. Untuk subsistem mekanik, ekspektasi lamanya waktu terjadinya proses peralihan dari status baik menjadi status baik lagi sekitar **satu bulan**, kemudian untuk status gangguan menjadi status gangguan lagi sekitar **7 bulan** dan dari status rusak menjadi status rusak lagi sekitar **8 bulan**.
2. Untuk subsistem elektrik, ekspektasi lamanya waktu proses peralihan dari status baik menjadi baik lagi adalah sekitar **1 bulan**, kemudian dari status gangguan menjadi status gangguan lagi adalah sekitar **10 bulan** dan untuk status rusak ke status rusak lagi membutuhkan waktu sekitar **13 bulan**.
3. Untuk subsistem hidrolik, ekspektasi lamanya waktu proses peralihan dari status baik menjadi baik lagi adalah sekitar **1 bulan**, kemudian dari status gangguan ke status gangguan lagi adalah sekitar **44 bulan**. Sedangkan untuk status rusak menjadi status rusak lagi sekitar **60 bulan**.
4. Untuk subsistem pneumatik, ekspektasi lamanya waktu peralihan dari status baik menjadi status baik lagi adalah sekitar **1 bulan**, untuk status gangguan menjadi

status gangguan lagi sekitar 11 bulan dan dari status rusak menjadi status rusak lagi sekitar 11 bulan juga.

5.4. HASIL ANALISA BIAYA

Tujuan awal dari penulisan tugas akhir ini adalah untuk menentukan total biaya perawatan yang minimum dan jumlah tenaga kerja yang meminimumkan biaya tersebut dengan tidak mengurangi mutu dari hasil perawatan. Pada akhir analisa ini diperoleh harga $T = 1$ dan biaya perawatan optimum adalah Rp 36.677.726,69-. Artinya adalah biaya perawatan akan optimal apabila perawatan dilakukan untuk satu orang. Namun dilain pihak besarnya total biaya perawatan tersebut adalah juga dipengaruhi besarnya biaya down time.

5.5. AVAILABILITY SISTEM PERMESINAN

Dari hasil analisa data dengan berbagai persamaan diatas maka diakhir pembahasan ini akan dapat ditentukan besarnya nilai availability secara intrinsik (hakiki) ²³ untuk setiap subsistem sebagai berikut :

1. *Intrinsic availability untuk subsistem mekanik.*

$$A_i = \frac{\text{waktu operasi}}{\text{waktu operasi} + \text{waktu perbaikan aktif}}$$

²³ Lihat hal. 11 - 13.

dimana :

waktu yang digunakan dalam satuan jam.

waktu operasi selama 8 bulan.

waktu perbaikan aktif selama 13,1861 jam.

$$8 \times 30 \times 24$$

$$A_i = \frac{8 \times 30 \times 24}{8 \times 30 \times 24 + 13,1861}$$

$$= 0,9977.$$

$$= 99,77 \%$$

2. Intrinsik availability untuk subsistem elektrik.

$$A_i = \frac{\text{waktu operasi}}{\text{waktu operasi} + \text{waktu perbaikan aktif}}$$

dimana :

waktu yang digunakan dalam satuan jam.

waktu operasi selama 13 bulan.

waktu perbaikan aktif selama 9,43 jam.

$$13 \times 30 \times 24$$

$$A_i = \frac{13 \times 30 \times 24}{13 \times 30 \times 24 + 9,43}$$

$$= 0,9989.$$

$$= 99,89 \%$$

3. *Intrinsic availability untuk subsistem hidrolik.*

$$A_i = \frac{\text{waktu operasi}}{\text{waktu operasi} + \text{waktu perbaikan aktif}}$$

dimana :

waktu yang digunakan dalam satuan jam.

waktu operasi adalah selama 60 bulan.

waktu perbaikan aktif adalah selama 9,54977 jam.

$$60 \times 30 \times 24$$

$$A_i = \frac{60 \times 30 \times 24}{60 \times 30 \times 24 + 9,54977}$$

$$= 0,999779.$$

$$= 99,9779 \%$$

4. *Intrinsic availability subsistem pneumatik.*

$$A_i = \frac{\text{waktu operasi}}{\text{waktu operasi} + \text{waktu perbaikan aktif}}$$

dimana :

waktu yang digunakan dalam satuan jam

waktu operasi selama 11 bulan.

waktu perbaikan aktif selama 9,275 jam.

$$11 \times 30 \times 24$$

$$A_i = \frac{11 \times 30 \times 24}{11 \times 30 \times 24 + 9,275}$$

$$= 0.99883 = 99,883 \%$$



TUGAS AKHIR

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. KESIMPULAN

Dalam penulisan Tugas Akhir ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dalam melakukan perawatan, paling optimal cukup dilakukan dengan satu orang tenaga kerja untuk setiap subsistem, jadi untuk sistem permesinan kapal secara keseluruhan cukup dengan empat orang tenaga kerja (hal. 74 - 75).
2. Biaya perawatan sistem permesinan KM. Leuser dengan satu tenaga kerja dan periode perawatan satu bulan sekali biaya optimumnya sebesar **Rp 36.677.726,69-** (hal. 81). Untuk perawatan selanjutnya tergantung dari besarnya biaya down time dan upah tenaga kerja saat dilakukan perawatan pada tahun yang bersangkutan.
3. Prosentase gangguan dan kerusakan terbesar pada subsistem mekanik, karena sistem ini tingkat operasinya lebih besar dibanding yang lainnya (tabel V.9 hal.84).
4. Ekspektasi waktu lintas pertama status baik menjadi status baik lagi untuk semua subsistem mekanik, elektrik, hidrolik dan pneumatik adalah sekitar satu bulan, semakin cepat waktu yang diperlukan untuk proses peralihan status akan lebih baik dan akan mengurangi biaya down time. Untuk ekspektasi waktu lintas pertama dari satus **gangguan menjadi status gangguan** lagi untuk **item 1, 2, 3, 4** adalah sebesar **7 bulan, 20 bulan, 44 bulan dan 11 bulan**. Sedang untuk ekspektasi waktu lintas pertama dari status **rusak menjadi status rusak** lagi untuk **item 1, 2, 3, 4** adalah 8

bulan, 13 bulan, 60 bulan dan 11 bulan (hal. 85). Semakin lama waktu yang diperlukan untuk beralih status gangguan dan rusak, maka akan menguntungkan karena memperkecil biaya down time.

5. Availability intrinsik (A_i) sistem permesinan sebesar 99,77 % untuk subsistem mekanik, sebesar 99,89 % untuk subsistem elektrik, sebesar 99,98 % untuk subsistem hidrolik dan sebesar 99,88 % untuk subsistem pneumatik (hal. 86 - 88).

6.2. SARAN - SARAN

Dari data - data yang telah diperoleh dan kesimpulan yang telah diambil di atas maka dapat diberikan saran-saran berikut :

1. Perlu adanya pencatatan yang teliti mengenai data-data yang sekiranya penting untuk menganalisa kejadian - kejadian pada pengamatan. Baik itu data mengenai lama perawatan maupun jumlah sampel yang mengalami transisi status, sehingga bisa diperoleh hasil yang memuaskan.
2. Perlu adanya kartu keaktifan kerja untuk setiap mesin, dan untuk yang telah ada kartu keaktifan kerja mesin supaya diisi setiap mulai bekerja hingga saat berhenti. Sehingga lebih mudah pengawasan dan perawatannya.
3. Adanya perawatan yang telah terjadwal secara teratur dan terencana dengan pelaksanaan yang sesuai dengan yang telah ditetapkan.



TUGAS AKHIR

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- Assauri, Sofjan, " Management Produksi dan Operasi ", Edisi keempat, Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi UI Jakarta, 1993.
- Corder, Antony, Hadi, Kusnul, " Teknik Manajemen Pemeliharaan ", Penerbit Erlangga, Jakarta, 1992.
- Grosh, Lloyd, Doris, " A Primer Of Reliability Theory ", John Wiley & Sons, Singapore, 1989.
- Hajek, G, Victor, Prijono, Arko, " Manajemen Proyek Perekayasaan ", Edisi ketiga, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1988.
- Handoko, Hani, T, " Dasar-Dasar Manajemen Produksi dan Operasi ", Edisi pertama, BPFE, Yogyakarta, 1994.
- Jardine, AKS, " Maintenance, Replacement, and Reliability ", Pitman Publishing, London, 1973.
- Kapur, KC, LR, Lamberson, " Reliability In Engineering Design ", John Wiley & Sons, NY, 1977.
- Monks, G, Joseph, " Operations Management " Third Edition, Mc Graw Hill International Edition, New York, 1977.
- Ramakumar, R, " Engineering Reliability Fundamentals and Applications ", Prentice-Hall International Editions, USA, 1993.
- Reksohadiprodjo, Sukanto, " Manajemen Produksi dan Operasi ", Edisi pertama, BPFE, Yogyakarta, 1995.
- Supandi, " Manajemen Perawatan Industri ", Ganeca Exact, Bandung.
- Taha, A, Hamdy, " Operations research An Introduction ", Fourth Edition, Macmillan Publishing Company, New York, 1987.
- Walpole, Ronald E, Myers H, Raymond, " Probability and Statistic For Engineers and Scientists," Second Edition, Macmillan Publishing Co., Inc, New York, 1978.



TUGAS AKHIR

LAMPIRAN

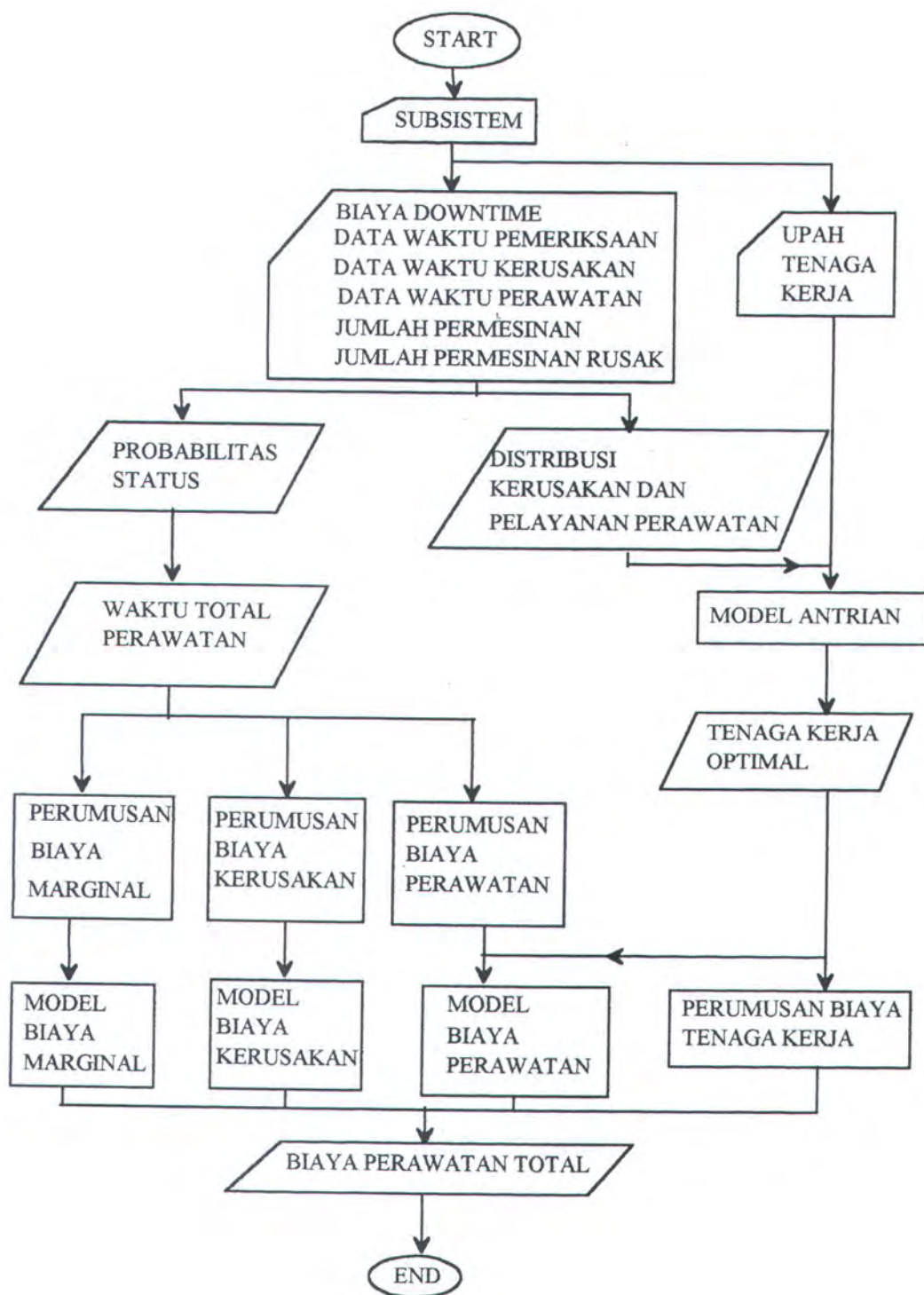


Diagram Alir Perhitungan Kebutuhan Tenaga Kerja Dan Biaya Perawatan.

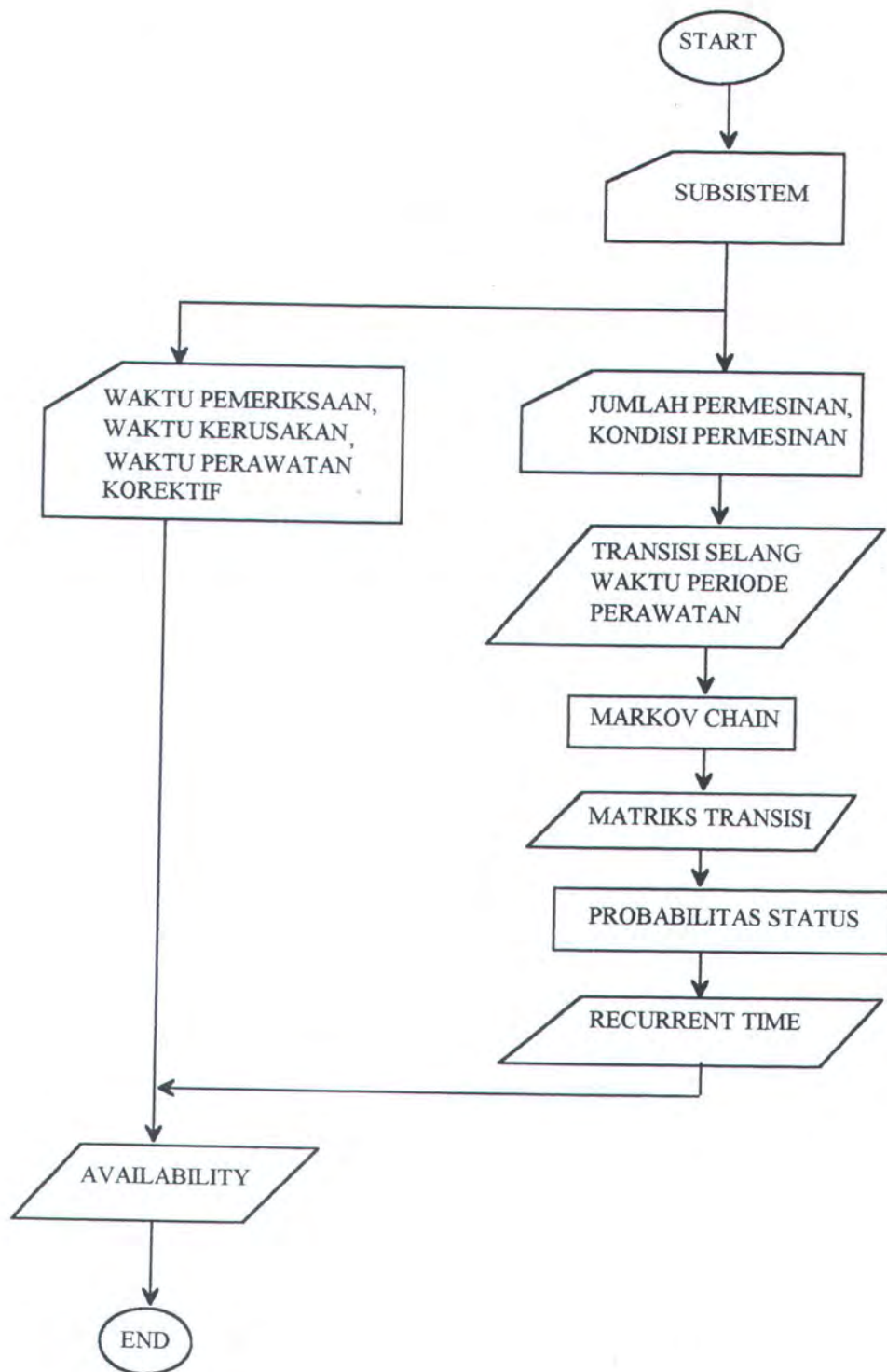


Diagram Alir Proses Markov Chain Dan Availability.

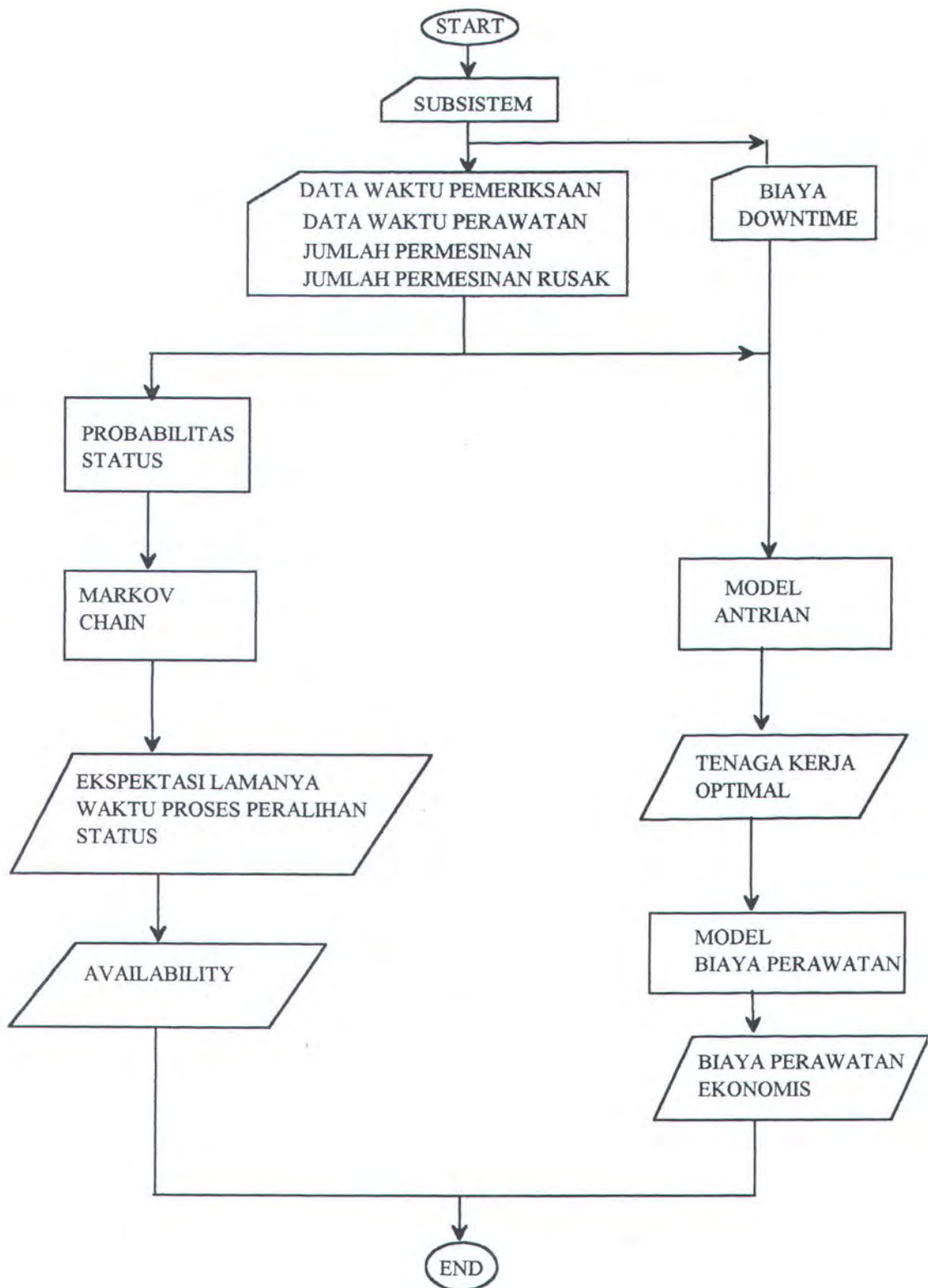


Diagram Alir Perencanaan Dan Pengendalian Sistem Perawatan Permesinan

Kapal Penumpang Km. Leuser.

T3 Critical Points of the Chi-Square Distribution

of χ^2_α for ν degrees of freedom

$\chi^2_{.999}$	$\chi^2_{.995}$	$\chi^2_{.99}$	$\chi^2_{.975}$	$\chi^2_{.95}$	$\chi^2_{.90}$	$\chi^2_{.75}$	$\chi^2_{.50}$	$\chi^2_{.25}$	$\chi^2_{.10}$	$\chi^2_{.05}$	$\chi^2_{.025}$	$\chi^2_{.01}$	$\chi^2_{.005}$	$\chi^2_{.001}$
0.000	0.000	0.000	0.001	0.004	0.016	0.102	0.455	1.323	2.706	3.841	5.024	6.635	7.879	10.828
0.002	0.010	0.020	0.051	0.103	0.211	0.575	1.386	2.773	4.605	5.991	7.378	9.210	10.597	13.888
0.024	0.072	0.115	0.216	0.352	0.584	1.213	2.366	4.108	6.251	7.815	9.348	11.345	12.838	16.267
0.091	0.207	0.297	0.484	0.711	1.064	1.923	3.357	5.385	7.779	9.488	11.143	13.277	14.860	18.475
0.210	0.412	0.554	0.831	1.145	1.610	2.675	4.351	6.626	9.236	11.070	12.833	15.086	16.750	20.515
0.381	0.676	0.872	1.237	1.635	2.204	3.455	5.348	7.841	10.645	12.592	14.449	16.812	18.548	22.465
0.598	0.989	1.239	1.690	2.167	2.833	4.255	6.346	9.037	12.017	14.067	16.013	18.475	20.278	24.338
0.857	1.344	1.646	2.180	2.733	3.490	5.071	7.344	10.219	13.362	15.507	17.535	20.090	21.955	26.119
1.152	1.735	2.088	2.700	3.325	4.168	5.899	8.343	11.389	14.684	16.919	19.023	21.666	23.589	27.878
1.479	2.156	2.558	3.247	3.940	4.865	6.737	9.342	12.549	15.987	18.307	20.483	23.209	25.188	29.591
1.834	2.603	3.053	3.816	4.575	5.578	7.584	10.341	13.701	17.275	19.675	21.920	24.725	26.757	31.201
2.214	3.074	3.571	4.404	5.226	6.304	8.438	11.340	14.845	18.549	21.026	23.337	26.217	28.300	32.909
2.617	3.565	4.107	5.009	5.892	7.042	9.299	12.340	15.984	19.812	22.362	24.736	27.688	29.819	34.565
3.041	4.075	4.660	5.629	6.571	7.790	10.165	13.339	17.117	21.064	23.685	26.119	29.141	31.319	36.191
3.483	4.601	5.229	6.262	7.261	8.547	11.037	14.339	18.245	22.307	24.996	27.488	30.578	32.801	37.665
3.942	5.142	5.812	6.908	7.962	9.312	11.912	15.338	19.369	23.542	26.296	28.845	32.000	34.267	39.202
4.416	5.697	6.408	7.564	8.672	10.085	12.792	16.338	20.489	24.769	27.587	30.191	33.409	35.718	40.781
4.905	6.265	7.015	8.231	9.390	10.865	13.675	17.338	21.605	25.989	28.869	31.526	34.805	37.156	42.352
5.407	6.844	7.633	8.907	10.117	11.651	14.562	18.338	22.718	27.204	30.144	32.852	36.191	38.582	43.822
5.921	7.434	8.260	9.591	10.851	12.443	15.452	19.337	23.828	28.412	31.410	34.170	37.566	39.997	45.314
6.447	8.034	8.897	10.283	11.591	13.240	16.344	20.337	24.935	29.615	32.671	35.479	38.932	41.401	46.779
6.983	8.643	9.542	10.982	12.338	14.041	17.240	21.337	26.039	30.813	33.924	36.781	40.289	42.796	48.202
7.529	9.260	10.196	11.689	13.091	14.848	18.137	22.337	27.141	32.007	35.172	38.076	41.638	44.181	49.675
8.085	9.886	10.856	12.401	13.848	15.659	19.037	23.337	28.241	33.196	36.415	39.364	42.980	45.559	51.153
8.649	10.520	11.524	13.120	14.611	16.473	19.939	24.337	29.339	34.382	37.652	40.646	44.314	46.928	52.605
9.222	11.160	12.198	13.844	15.379	17.292	20.843	25.336	30.435	35.563	38.885	41.923	45.642	48.290	54.056
9.803	11.808	12.879	14.573	16.151	18.114	21.749	26.336	31.528	36.741	40.113	43.195	46.963	49.645	55.497

of χ^2_α for ν degrees of freedom

$\chi^2_{.999}$	$\chi^2_{.995}$	$\chi^2_{.99}$	$\chi^2_{.975}$	$\chi^2_{.95}$	$\chi^2_{.90}$	$\chi^2_{.75}$	$\chi^2_{.50}$	$\chi^2_{.25}$	$\chi^2_{.10}$	$\chi^2_{.05}$	$\chi^2_{.025}$	$\chi^2_{.01}$	$\chi^2_{.005}$	$\chi^2_{.001}$
10.391	12.461	13.565	15.308	16.928	18.939	22.657	27.336	32.620	37.916	41.337	44.461	48.278	50.993	56.888
10.986	13.121	14.256	16.047	17.708	19.768	23.567	28.336	33.711	39.087	42.557	45.722	49.588	52.336	58.329
11.588	13.787	14.953	16.791	18.493	20.599	24.478	29.336	34.800	40.256	43.773	46.979	50.892	53.672	59.797
12.196	14.459	15.689	17.539	19.337	21.454	25.424	30.316	35.902	41.401	44.984	48.289	52.000	55.000	61.259
12.810	15.145	16.445	18.483	20.183	22.371	26.416	31.319	37.000	42.567	46.151	49.443	53.209	56.191	62.716
13.430	15.841	17.211	19.431	21.035	23.330	27.454	32.356	38.161	43.675	47.331	50.425	54.426	57.363	64.179
14.056	16.547	18.000	20.383	21.899	24.330	28.536	33.409	39.372	44.784	48.443	51.559	55.658	58.542	65.648
14.688	17.263	18.811	21.340	22.781	25.371	29.661	34.468	40.584	45.916	49.635	52.701	56.899	59.729	67.117
15.325	17.989	19.644	22.283	23.687	26.459	30.839	35.483	41.802	47.063	50.802	53.842	58.121	60.901	68.583
15.967	18.725	20.500	23.221	24.617	27.600	32.061	36.534	43.084	48.278	52.000	55.000	59.342	62.151	70.047
16.614	19.471	21.379	24.154	25.571	28.833	33.339	37.621	44.361	49.484	53.209	56.191	60.599	63.311	71.508
17.266	20.227	22.281	25.091	26.551	30.119	34.661	38.744	45.634	50.701	54.426	57.363	61.801	64.471	72.966
17.923	20.993	23.206	25.607	27.551	31.459	36.039	39.901	46.902	51.943	55.658	58.542	63.000	65.621	74.421
18.585	21.769	24.154	26.123	28.581	32.854	37.454	41.161	48.161	53.191	56.899	59.729	64.179	66.771	75.875
19.252	22.555	25.133	26.640	29.631	34.314	38.999	42.468	49.416	54.443	58.121	60.901	65.311	67.921	77.326
19.924	23.351	26.133	27.157	30.701	35.839	40.584	43.819	50.661	55.691	59.342	62.151	66.471	69.071	78.775
20.601	24.157	27.164	27.683	31.791	37.419	42.749	45.183	51.916	56.943	60.599	63.311	67.621	70.221	80.221
21.283	24.973	28.215	28.209	32.901	39.059	44.916	46.591	53.161	58.191	61.801	64.471	68.771	71.371	81.666
21.970	25.799	29.286	28.735	34.031	40.619	46.999	48.039	54.416	59.443	63.000	65.621	69.921	72.521	83.111
22.662	26.635	30.379	29.261	35.171	42.319	49.584	49.534	55.661	60.691	64.179	66.771	71.071	73.671	84.556
23.359	27.481	31.494	29.787	36.321	44.059	51.749	50.744	56.902	61.943	65.311	67.921	72.221	74.821	86.000
24.061	28.337	32.639	30.313	37.491	45.779	53.999	52.000	58.161	63.191	66.471	69.071	73.371	75.971	87.445
24.768	29.199	33.814	30.840	38.671	47.579	56.284	53.356	59.416	64.443	67.621	70.221	74.521	77.121	88.889
25.480	30.075	35.019	31.367	39.861	49.459	58.619	54.634	60.661	65.691	68.771	71.371	75.671	78.271	90.333
26.197	30.961	36.244	31.894	41.061	51.419	60.839	55.861	61.916	66.943	69.921	72.521	76.821	79.421	91.778
26.919	31.857	37.489	32.421	42.271	53.459	63.119	57.119	63.161	68.191	71.071	73.671	77.971	80.571	93.222
27.646	32.763	38.754	32.948	43.491	55.579	65.454	58.379	64.416	69.443	72.221	74.821	79.121	81.721	94.667
28.378	33.679	40.039	33.475	44.721	57.779	67.839	59.639	65.661	70.691	73.371	75.971	80.271	82.871	96.111
29.115	34.605	41.344	33.991	45.961	60.059	70.239	60.901	66.902	71.943	74.521	77.121	81.421	84.021	97.556
29.857	35.541	42.669	34.507	47.211	62.499	72.779	62.161	68.161	73.191	75.671	78.271	82.571	85.171	99.000
30.604	36.487	44.014	35.023	48.471	65.019	75.419	63.421	69.416	74.443	76.821	79.421	83.721	86.321	100.445
31.356	37.443	45.389	35.540	49.741	67.619	78.699	64.683	70.661	75.691	77.971	80.571	84.871	87.471	101.889
32.113	38.409	46.784	36.057	51.021	70.299	82.039	65.944	71.916	76.943	79.121	81.721	85.921	88.621	103.333
32.875	39.385	48.209	36.574	52.311	73.019	85.459	67.209	73.161	78.191	80.271	82.871	87.071	89.771	104.778
33.642	40.371	49.654	37.091	53.611	75.879	88.959	68.461	74.416	79.443	81.421	83.921	88.121	90.921	106.222
34.414	41.367	51.069	37.607	54.921	78.879	92.539	69.719	75.661	80.691	82.571	85.071	89.271	92.071	107.667
35.191	42.373	52.514	38.123	56.231	81.919	96.239	71.000	76.902	81.943	83.721	86.321	90.421	93.221	109.111
35.973	43.389	54.000	38.640	57.551	85.059	100.059	72.261	78.161	83.191	84.871	87.471	91.571	94.371	110.556
36.760	44.415	55.525	39.157	58.881	88.299	104.019	73.519	79.416	84.443	85.921	88.621	92.721	95.521	112.000
37.552	45.451	57.089	39.674	60.221	91.639	108.119	74.779	80.661	85.691	87.071	89.771	93.871	96.671	113.445
38.349	46.497	58.684	40.191	61.591	95.319	112.359	76.039	81.916	86.943	88.121	90.921	94.921	97.821	114.889
39.151	47.553	60.319	40.707	62.971	99.179	116.819	77.300	83.161	88.191	89.271	92.071	96.071	98.971	116.333
39.958	48.619	61.994	41.223	64.361	103.119	121.439	78.584	84.416	89.443	90.421	93.221	97.121	100.000	117.778
40.770	49.695	63.709	41.740	65.761	107.179	126.209	79.869	85.661	90.691	91.571	94.371	98.271	101.111	119.222
41.587	50.781	65.454	42.257	67.171	111.359	131.159	81.161	86.902	91.943	92.721	95.521	99.421	102.221	120.667
42.409	51.877	67.239	42.774	68.591	115.659	136.289	82.461	88.161	93.209	93.871	96.671	100.571	103.271	122.111
43.236	52.983	69.039	43.291	69.921	120.079	141.509	83.761	89.416	94.443	94.921	97.821	101.721	104.321	123.556
44.068	54.099	70.874	43.807	71.271	124.519	146.919	85.061	90.661	95.691	96.071	98.971	102.871	105.371	125.000
44.905	55.225	72.744	44.323	72.641	129.089	152.519	86.361	91.916	96.943	97.121	100.121	103.921	106.421	126.445
45.747	56.361	74.649	44.840	74.021	133.789	158.319	87.661	93.161	98.191	98.171	101.171	104.971	107.471	127.889
46.594	57.507	76.589	45.357	75.411	138.619	164.319	88.961	94.416	99.443	99.221	102.221	106.021	108.521	129.333
47.446	58.663	78.564	45.874	76.811	143.579	170.519	90.261	95.661	100.691	100.271	103.271	107.071	109.571	130.778
48.303	59.829	80.574	46.391	78.221	148.679	176.919	91.561	96.902	101.943	101.321	104.321	108.121	110.621	132.222
49.165	60.995	82.619	46.907	79.641	153.919	183.519	92.861	98.161	103.191	102.371	105.371	109.171	111.671	133.667
50.032	62.171	84.699	47.423	81.071	159.299	190.219	94.161	99.416	104.443	103.421	106.421	110.221	112.721	135.111
50.904	63.357	86.814	47.940	82.511	164.819	197.119	95.461	100.661	105.691	104.471	107.471	111.271	113.771	136.556
51.781	64.553	88.964	48.457	83.961	170.479	204.219	96.761	101.916	106.943	105.521	108.521	112.321	114.821	138.000
52.663	65.759	91.149	48.974	85.421	176.279	211.519	98.061	103.161	108.191	106.571	109.571	113.371	115.871	139.445
53.550	66.975	93.369	49.491	86.891	182.319	219.019	99.361	104.416	109.443	107.621	110.621	114.421	116.921	140.889
54.442	68.199	95.624	49.991	88.371	188.579	226.719	100.661	105.661	110.691	108.671	111.671	115.471	117.971	142.333
55.339	69.431	97.914	50.491	89.861	195.079	234.719	101.961	106.902	111.943	109.721	112.721	116.521	119.021	143.778
56.241	70.671	100.239	50.991	91.361	201.819	242.919	103.261	108.161	113.191	110.771	113.771	117.571	120.071	145.222
57.148	71.919	102.609	51.491	92.871	208.819	251.319	104.561	109.416	114.443	111.821	114.821	118.621	121.121	146.667
58.060	73.175	105.024	51.991	94.391	216.079	260.019	105.861	110.661	115.691	112.871	115.871	119.671	122.171	148.111
58.977	74.439	107.484	52.491	95.921	223.579	269.019	107.161	111.916	116.943	113.921	116.921	120.721	123.221	149.556
59.899	75.711	109.989	52.991	97.461	231.319	278.319	108.461	113.161	118.191	114.971	117.971	121.771	124.271	151.000
60.826	76.991	112.529	53.491	98.911	239.319	287.819	109.761	114.416	119.443	116.021	119.021	122.821	125.321	152.445
61.758	78.279	115.114	53.991	100.371	247.579	297.519	111.061	115.661	120.691	117.071	120.071	123.871	126.371	153.889
62.695	79.575	117.744	54.491	101.841	256.079	307.519	112.361	116.902	121.943	118.121	121.121	124.921	127.421	155.333
63.637	80.879	120.419	54.991	103.321	264.819	317.819	113.661	118.161	123.191	119.171	122.171	125.971	128.471	156.778
64.584	82.191	123.139	55.491	1										

LAMPIRAN

DATA

LAMPIRAN 1

TABEL A1

Jumlah sampel yang mengalami transisi status pada sistem dua periode peratan untuk subsistem mekanik.

BULAN	TRANSISI STATUS					
	B/B	B/G	B/R	G/G	G/R	R/B
I - II	22	2	1	2	2	2
II - III	25	1	0	1	2	2
III - IV	24	3	0	0	2	2
IV - V	24	2	1	1	0	3
V - VI	24	2	1	0	2	2
VI - VII	25	1	0	1	2	2
VII - VIII	24	3	1	0	1	2
VIII - IX	22	0	3	2	2	2
IX - X	24	2	1	0	2	2
X - XI	23	0	3	2	0	3
XI - XII	23	0	3	2	1	2

Keterangan :

- B/B : Baik dan untuk pemeriksaan berikutnya tetap dalam status baik.
- B/G : Baik dan untuk pemeriksaan berikutnya akan menjadi status gangguan.
- B/R : Baik dan untuk pemeriksaan berikutnya akan menjadi status rusak.
- G/G : Gangguan dan untuk pemeriksaan berikutnya tetap dalam status gangguan.
- G/R : Gangguan dan untuk pemeriksaan berikutnya akan menjadi status rusak.
- R/B : Rusak dan untuk pemeriksaan berikutnya akan menjadi status baik.

LAMPIRAN 1

TABEL A2

Jumlah sampel yang mengalami transisi status pada sistem dua periode perawatan untuk
subsistem elektrik.

BULAN	TRANSISI STATUS					
	B/B	B/G	B/R	G/G	G/R	R/B
I - II	80	4	2	2	2	5
II - III	81	3	2	3	1	5
III - IV	80	4	1	1	3	6
IV - V	84	2	2	1	2	4
V - VI	82	3	1	3	2	4
VI - VII	80	5	0	2	3	5
VII - VIII	80	5	0	3	3	4
VIII - IX	80	3	2	3	2	5
IX - X	78	3	1	4	3	6
X - XI	81	4	1	3	2	4
XI - XII	76	5	0	4	3	7

Keterangan :

- B/B : Baik dan untuk pemeriksaan berikutnya tetap dalam status baik.
- B/G : Baik dan untuk pemeriksaan berikutnya menjadi status gangguan.
- B/R : Baik dan untuk pemeriksaan berikutnya menjadi status rusak.
- G/G : Gangguan dan untuk pemeriksaan berikutnya tetap dalam status gangguan.
- G/R : Gangguan dan untuk pemeriksaan berikutnya menjadi status rusak.
- R/B : Rusak dan untuk pemeriksaan berikutnya akan menjadi baik.

LAMPIRAN 1

TABEL A3

Jumlah sampel yang mengalami transisi status pada sistem dua periode perawatan untuk subsistem hidrolik.

BULAN	TRANSISI STATUS					
	B/B	B/G	B/R	G/G	G/R	R/B
I - II	121	3	2	2	1	3
II - III	123	2	1	2	2	2
III - IV	120	2	1	1	2	6
IV - V	123	1	1	2	2	3
V - VI	122	3	0	1	3	3
VI - VII	124	1	0	2	2	3
VII - VIII	124	2	1	0	1	4
VIII - IX	121	3	1	2	2	3
IX - X	123	2	0	2	2	3
X - XI	122	2	1	2	1	4
XI - XII	123	3	1	1	1	3

Keterangan :

- B/B : Baik dan pada pemeriksaan berikutnya tetap dalam status baik.
- B/G : Baik dan pada pemeriksaan berikutnya akan menjadi gangguan.
- B/R : Baik dan pada pemeriksaan berikutnya akan menjadi status rusak.
- G/G : Gangguan dan pada pemeriksaan berikutnya tetap dalam status gangguan.
- G/R : Gangguan dan pada pemeriksaan berikutnya akan menjadi status gangguan.
- R/B : Rusak dan pada pemeriksaan berikutnya menjadi status baik.

LAMPIRAN 1

TABEL A4

Jumlah sampel yang mengalami transisi status pada sistem dua periode perawatan untuk subsistem pneumatik.

BULAN	TRANSISI STATUS					
	B/B	B/G	B/R	G/G	G/R	R/B
I - II	25	3	0	1	1	3
II - III	24	2	0	1	2	4
III - IV	23	3	1	2	2	2
IV - V	22	2	1	1	3	4
V - VI	25	2	0	0	0	6
VI - VII	24	3	0	1	1	4
VII - VIII	23	2	1	1	1	5
VIII - IX	25	3	0	0	1	4
IX - X	22	1	1	2	2	5
X - XI	23	4	1	2	2	1
XI - XII	23	3	1	1	2	3

Keterangan :

B/B : Baik dan pada pemeriksaan berikutnya tetap dalam status baik.

B/G : Baik dan pada pemeriksaan berikutnya akan menjadi status gangguan.

B/R : Baik dan pada pemeriksaan berikutnya menjadi status rusak.

G/G : Gangguan dan pada pemeriksaan berikutnya tetap pada status gangguan.

G/R : Gangguan dan pada pemeriksaan berikutnya menjadi status rusak.

R/B : Rusak dan pada pemeriksaan berikutnya menjadi status baik.

LAMPIRAN 2

TABEL B1

Data jumlah sampel yang berada pada status baik, gangguan dan rusak untuk subsistem mekanik

STATUS	BULAN KE											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
B	25	24	27	26	27	26	27	26	24	26	26	25
G	3	4	2	3	3	2	2	3	2	2	2	4
R	3	3	2	2	1	3	2	2	5	3	3	2
JUMLAH	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31

Keterangan :

- B : Baik
- G : Gangguan
- R : Rusak

TABEL B2

Data jumlah sampel yang berada pada status baik, gangguan dan rusak untuk subsistem clcktrik.

STATUS	BULAN KE											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
B	84	85	86	86	88	86	85	84	85	84	85	83
G	4	6	6	5	3	6	7	8	6	7	7	9
R	7	4	3	4	4	3	3	3	4	4	3	3
JUMLAH	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95

Keterangan :

- B : Baik
- G : Gangguan
- R : Rusak

TABEL B3

Data jumlah sampel yang berada pada status baik, gangguan dan rusak untuk subsistem hidrolik.

STATUS	BULAN KE											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
B	126	124	125	126	126	125	127	128	124	126	126	126
G	4	5	4	3	3	4	3	2	5	4	4	4
R	2	3	3	3	3	3	2	2	3	2	2	2
JUMLAH	132	132	132	132	132	132	132	132	132	132	132	132

Keterangan :

B : Baik

G : Gangguan

R : Rusak

TABEL B4

Data jumlah sampel yang berada pada status baik, gangguan dan rusak untuk subsistem pneumatik.

STATUS	BULAN KE											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
B	27	28	28	25	26	31	28	28	29	27	24	26
G	3	4	3	5	3	0	4	3	3	3	6	4
R	3	1	2	3	4	2	1	2	1	1	3	3
JUMLAH	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33

Keterangan :

B : Baik

G : Gangguan

R : Rusak

LAMPIRAN 3

TABEL C1

Data waktu pemeriksaan subsistem mekanik dalam menit.

1.	30,00	25,00	37,00	60,00	24,00
2.	25,00	27,00	35,00	50,00	27,00
3.	35,00	26,00	25,00	40,00	30,00
4.	30,00	50,00	50,00	45,00	30,00
5.	35,00	60,00	45,00	25,00	45,00
6.	25,00	55,00	40,00	27,00	28,00
7.	28,00	40,00	25,00	28,00	30,00
8.	26,00	38,00	25,00	29,00	35,00
9.	32,00	45,00	40,00	35,00	31,00
10.	40,00	40,00	45,00	30,00	25,00
11.	40,00	30,00	30,00	31,00	26,00
12.	45,00	30,00	25,00	33,00	23,00
13.	45,00	25,00	27,00	28,00	23,00
14.	30,00	25,00	30,00	27,00	30,00
15.	50,00	30,00	25,00	29,00	35,00

LAMPIRAN 3

TABEL C2

Data waktu pemeriksaan subsistem elektrik dalam menit.

1.	40,00	41,00	35,00	38,00	36,00
2.	40,00	36,00	39,00	38,00	38,00
3.	35,00	34,00	40,00	20,00	29,00
4.	38,00	34,00	35,00	25,00	25,00
5.	41,00	24,00	25,00	29,00	29,00
6.	39,00	25,00	29,00	30,00	40,00
7.	30,00	26,00	40,00	40,00	40,00
8.	36,00	28,00	45,00	45,00	45,00
9.	29,00	38,00	35,00	35,00	60,00
10.	25,00	29,00	29,00	39,00	15,00
11.	26,00	30,00	27,00	35,00	60,00
12.	35,00	30,00	25,00	50,00	35,00
13.	34,00	40,00	30,00	39,00	40,00
14.	30,00	38,00	29,00	45,00	40,00
15.	40,00	38,00	38,00	25,00	35,00

LAMPIRAN 3

TABEL C3

Data waktu pemeriksaan subsistem hidrolik dalam menit.

1.	45,00	38,00	30,00	38,00	50,00
2.	40,00	39,00	32,00	27,00	49,00
3.	41,00	37,00	31,00	30,00	40,00
4.	42,00	35,00	29,00	30,00	35,00
5.	30,00	30,00	27,00	31,00	36,00
6.	35,00	31,00	26,00	32,00	35,00
7.	43,00	32,00	25,00	26,00	60,00
8.	40,00	41,00	24,00	24,00	50,00
9.	29,00	42,00	40,00	29,00	55,00
10.	26,00	25,00	41,00	40,00	49,00
11.	39,00	25,00	45,00	38,00	25,00
12.	46,00	29,00	42,00	35,00	30,00
13.	45,00	35,00	35,00	36,00	30,00
14.	34,00	35,00	36,00	37,00	28,00
15.	35,00	30,00	38,00	39,00	28,00

LAMPIRAN 3

TABEL C4

Data waktu pemeriksaan subsistem pneumatik dalam menit

1.	32,00	28,00	30,00	35,00	37,00
2.	30,00	29,00	35,00	31,00	37,00
3.	25,00	35,00	31,00	25,00	38,00
4.	25,00	40,00	35,00	24,00	45,00
5.	26,00	41,00	25,00	20,00	45,00
6.	30,00	42,00	26,00	29,00	29,00
7.	35,00	43,00	30,00	30,00	27,00
8.	32,00	43,00	30,00	40,00	40,00
9.	34,00	44,00	29,00	40,00	35,00
10.	33,00	44,00	27,00	35,00	20,00
11.	29,00	44,00	25,00	30,00	30,00
12.	29,00	42,00	29,00	45,00	29,00
13.	25,00	42,00	30,00	45,00	38,00
14.	35,00	30,00	31,00	39,00	35,00
15.	28,00	35,00	32,00	38,00	30,00

TABEL D1

Data waktu perbaikan preventif subsistem mekanik dalam menit.

1.	160	175	185	178	200
2.	240	180	215	180	216
3.	200	210	165	240	168
4.	210	200	140	190	169
5.	180	230	140	236	216
6.	190	210	155	218	205
7.	200	215	235	136	208
8.	210	225	175	235	210
9.	230	185	215	215	205
10.	120	190	210	137	145
11.	150	175	186	125	154
12.	120	166	197	147	160
13.	170	125	152	155	175
14.	180	180	167	200	170
15.	200	195	198	232	185

TABEL D2

Data waktu perbaikan preventif subsistem elektrik dalam menit.

1.	125	120	110	115	110
2.	200	124	105	115	100
3.	240	123	120	120	110
4.	120	130	115	110	110
5.	140	140	120	120	120
6.	135	125	125	130	125
7.	130	120	126	115	105
8.	140	110	130	160	100
9.	120	115	140	120	140
10.	130	100	150	120	125
11.	125	100	120	125	125
12.	129	190	125	115	130
13.	131	140	115	125	140
14.	135	135	100	120	140
15.	140	150	100	130	120

TABEL D3

Data waku perbaikan preventif subsistem hidrolik dalam menit

1.	130	125	135	150	120
2.	125	125	140	150	125
3.	120	130	130	153	135
4.	130	120	125	126	130
5.	135	123	125	135	160
6.	140	143	140	130	125
7.	160	165	135	135	130
8.	145	140	135	120	150
9.	160	160	138	122	145
10.	138	130	140	126	140
11.	138	145	141	130	130
12.	135	125	142	160	120
13.	140	126	137	137	125
14.	140	30	128	138	130
15.	139	135	128	139	125

TABEL D4

Data waktu perbaikan preventif subsistem pneumatik dalam menit

1.	200	135	155	220	148
2.	180	145	140	140	240
3.	160	125	160	175	210
4.	166	170	170	170	200
5.	175	170	190	160	150
6.	150	185	200	166	138
7.	150	180	230	158	158
8.	150	190	210	140	160
9.	120	199	190	135	150
10.	125	125	150	169	135
11.	140	135	145	138	120
12.	145	160	135	181	120
13.	190	165	125	190	200
14.	180	148	120	120	190
15.	190	180	135	148	189

TABEL E1

Data waktu kerusakan subsistem mekanik dalam waktu jam kerja.

1.	8,00	11,00	13,00	12,00	15,00
2.	6,00	11,00	11,00	12,00	10,00
3.	6,00	9,00	10,00	13,00	11,00
4.	7,00	8,00	9,00	6,00	10,00
5.	8,00	9,00	8,00	9,00	5,00
6.	8,00	10,00	7,00	7,00	10,00
7.	10,00	7,00	7,00	11,00	12,00
8.	10,00	10,00	10,00	12,00	13,00

TABEL E2

Data waktu kerusakan subsistem elektrik dalam waktu jam kerja.

1.	6,00	7,00	9,00	10,00	7,00
2.	6,00	7,00	9,00	10,00	7,00
3.	7,00	8,00	7,00	5,00	9,00
4.	6,00	8,00	7,00	6,00	6,00
5.	6,00	5,00	8,00	7,00	7,00
6.	5,00	5,00	7,00	7,00	8,00
7.	5,00	7,00	5,00	5,00	5,00
8.	8,00	8,00	5,00	5,00	6,00

TABEL E3

Data waktu kerusakan subsistem hidrolik dalam waktu jam kerja.

1.	7,00	5,00	6,00	6,00	4,00
2.	7,00	7,00	6,00	6,00	5,00
3.	6,00	8,00	8,00	7,00	5,00
4.	8,00	8,00	9,00	8,00	3,00
5.	5,00	9,00	10,00	7,00	4,00
6.	5,00	9,00	11,00	9,00	10,00
7.	6,00	11,00	5,00	9,00	7,00
8.	4,00	10,00	5,00	4,00	6,00

TABEL E4

Data waktu kerusakan subsistem pneumatic dalam waktu jam kerja.

1.	9,00	8,00	11,00	10,00	11,00
2.	9,00	8,00	11,00	10,00	12,00
3.	10,00	7,00	12,00	10,00	10,00
4.	8,00	7,00	10,00	10,00	9,00
5.	9,00	9,00	7,00	7,00	9,00
6.	10,00	8,00	7,00	6,00	7,00
7.	11,00	10,00	8,00	9,00	13,00
8.	11,00	10,00	9,00	8,00	10,00

LAMPIRAN

PERMESINAN KM. LEUSER

LAMPIRAN PERMESINAN

I. SUBSISTEM MEKANIK

NO	NAMA	MEREK	KETERANGAN	JML
1	MAIN ENGINE	MaK	Type 6Mu 653C, 6 Cyl, 600rpm, 1600Kw.	2
2	AUXILIARY ENGINE	DAIHATSU	Type 6Dl-19, 456Kw, 1000rpm.	4
3	BOW THRUSTER		Type CT ogh-2f, O 1550,480 Kw, 1450 rpm.	1
4	FASSER MOTOR BOAT 60 PERSON	PERKINS	Boats diesel engine	4
5	PASSER MOTOR BOAT150 PERSON	PERAMA	Type perama M30	2
6	PASSER MOTOR BOAT112 PERSON		20,5Kw, 3600rpm	2
7	REDUCTION GEAR	REINTJES	Type VAL 2742	2
8	TURBOCHARGER	ABB	VTR 304-11	2
9	EMERGENCY DIESEL	CATER-PILLAR	Type 340DI-TA, 200Kw, 1500rpm.	1
10	FLEXIBLE COUPLING	VULKAN	Type 2721	2
11	TURBINE	ABB	Type VTR-161, BBC-IHI	1
12	WELDING MACHINE	DALEX-WERKE		1
13	WELDING MACHINE ACITYLINE	UNITOR		1
14	PEMOTONG LOGAM	PEDDING HAUS		1
15	MESIN BUBUT	VICTOR	Type Tucch&Richter	1
16	MESIN BUR	VEMA		1
17	MESIN GERINDA			1
18	STERN TUBE	BLOHN & VOSS	Type SC 1A&SC 12,300mm.	2
JUMLAH				31

LAMPIRAN PERMESINAN

2. SUBSISTEM ELEKTRIK

NO	NAMA	KETERANGAN	JML
1	JRC N.M RADAR	neutikal equipment, type NKE-3500-2, 10CM, 12FT, 39 kW, 16"	1
2	JRC N.M RADAR	type NKE-1016-1/2F, 3cm, 7ft, 25 kW, 16"	1
3	JRC ECHO SOUNDER	type NJH 33	1
4	C. PLATH GYROCOMPASS	type Navigat VII	1
5	C. PLATH REFL. COMPASS	type Navipol I	1
6	GENERATOR, TAIYO	type FEK 41 B-6	2
7	GENERATOR A.V	type DK BN47/300-4	1
8	ELEKTRIC CHAIN HOIST, R.STAHL	type T405-12/2m	1
9	ELEKTRIC THERMO VALVE, SABROE	type PHTQ 85-3	6
10	MESIN LISTRIK DAN PERALATAN	PAPAN HUBUNG UTAMA	1
11	MESIN LISTRIK DAN PERALATAN	PAPAN HUBUNG DARURAT	1
12	MESIN LISTRIK DAN PERALATAN	KOTAK PENGHUBUNG DARAT	1
13	MESIN LISTRIK DAN PERALATAN	KONVERTER	1
14	MESIN LISTRIK DAN PERALATAN	BAGAN ALIRAN LAMPU NAVIGATION	1
15	MESIN LISTRIK DAN PERALATAN	TRAFO LAMPU PENERANGAN	1
16	MESIN LISTRIK DAN PERALATAN	TRAFO LAMPU PENERANGAN DARURAT	1
17	MESIN LISTRIK DAN PERALATAN	TABLO ALARM NEUTIKA	1
18	MESIN LISTRIK DAN PERALATAN	LIGHT SIGNAL COLUMN	1
19	MESIN LISTRIK DAN PERALATAN	PENGISI AKI 220 V	1
20	MESIN LISTRIK DAN PERALATAN	ALIRAN UNIT SISTEM AUTOMATIK	1

LAMPIRAN PERMESINAN

21	MESIN LISTRIK DAN PERALATAN	PENGISI AKI 24 V KONSUMEN, ANJUNGAN	1
22	MESIN LISTRIK DAN PERALATAN	PENGISI AKI 24 V MOTOR DARURAT	1
23	MESIN LISTRIK DAN PERALATAN	PEMBAGI DAYA 24 V ANJUNGAN	1
24	MESIN LISTRIK DAN PERALATAN	PEMBAGI PERALATAN NEUTIKA	1
25	MESIN LISTRIK DAN PERALATAN	PEMBAGI PENERANGAN DARURAT	22
26	MESIN LISTRIK DAN PERALATAN	TABLO PENGHUBUNG REMOTE	1
27	MESIN LISTRIK DAN PERALATAN	PEMBAGI KIPAS	3
28	MESIN LISTRIK DAN PERALATAN	PEMBAGI LISTRIK RUANGAN	7
29	MESIN LISTRIK DAN PERALATAN	DEREK SEKOCI KANAN - KIRI	2
30	MESIN LISTRIK DAN PERALATAN	BENGKEL	1
31	MESIN LISTRIK DAN PERALATAN	KONTAK TUSUK PETI KEMAS	1
32	MESIN LISTRIK DAN PERALATAN	POMPA ML STAND-BY M/E KIRI-KANAN	2
33	MESIN LISTRIK DAN PERALATAN	POMPA AT PENDINGIN ST/SR M/E	4
34	MESIN LISTRIK DAN PERALATAN	POMPA PENDINGIN AIR LAUT	6
35	MESIN LISTRIK DAN PERALATAN	POMPA KEBAKARAN	3
36	MESIN LISTRIK DAN PERALATAN	POMPA SPRINGKLER	1
37	MESIN LISTRIK DAN PERALATAN	POMPA BAHAN BAKAR M/E	4
38	MESIN LISTRIK DAN PERALATAN	POMPA TRANSFER BAHAN BAKAR MESIN DARURAT	1
39	MESIN LISTRIK DAN PERALATAN	POMPA PRAPEMANAS M/E	2
40	MESIN LISTRIK DAN PERALATAN	POMPA BALLAST DAN BILGA	3
41	MESIN LISTRIK DAN PERALATAN	POMPA BILGA	2

LAMPIRAN PERMESINAN

42	MESIN LISTRIK DAN PERALATAN	POMPA TINJA	2
43	MESIN LISTRIK DAN PERALATAN	POMPA GIGI REDUKSI	4
44	MESIN LISTRIK DAN PERALATAN	POMPA AIR CUCI	2
45	MESIN LISTRIK DAN PERALATAN	POMPA MINYAK KOTOR	1
46	MESIN LISTRIK DAN PERALATAN	KONTAK DARURAT STATION	1
47	MESIN LISTRIK DAN PERALATAN	POMPA PEMINDAH MINYAK PELUMAS	1
JUMLAH			95

3. SUBSISTEM HIDROLIK

NO	NAMA	MEREK	KETERANGAN	JML
1	HIDROULIK PUMP FOR STEERING GEAR	HATLAPA	-----	2
2	STEERING GEAR HIROULIK	HATLAPA	Type-telewin RHZ10-35 max torque 2x70 KNm.	1
3	PATENT ANCOR	SPEK	Nominal size 2850.	3
4	COMB. ANCOR & AUTOMATIC MOURING WINCH	HATLAPA	Nominal pull 84 KN.	1
5	AUTOMATIC MOURING WINCH	HATLAPA	Nominal pull 60 KN.	2
6	LUBRICATING OIL & FUEL PURIFIER	ALFA-LAVAL	Type MMPY 304 SGP11/50	4
7	LIQIUD COOLER	SABROE	Type PLCY 236 HLI	3
8	PROVISION COOLING	SABROE	Type BF 04	2
9	PISTON PUMP	IRON	Type BC-T5A	2
10	HIDROULIK UNIT FOR BILGE & BALLAST VALVE	BERG& SIEBERT	Type HKE 120	1
11	WASH WATER PUMP	IRON	Type RS 80-65/250 Capacity:20m ³ /h, 3 bar	2
12	PREHEATER PUMP FOR M.E	SIHI	Type 2LKC 032/25 8m ³ /h, 2,5 bar	2
13	FRESH COOLING WATER DOUBLE PUMP FUEL FOR M.E	IRON	Type 2XQV-4/300 50/45m ³ /h, 3 bar.	4
14	CHILLED WATER PUMP	IRON	Typ CNHB125-125/315 cap.144m ³ /h, 3,4 bar.	2
15	FRESH WATER HYDROFOR PUMP	SIHI	Type AKHQ 06102 BN 135 cap. 25m ³ /h, 6,0 bar.	2
16	WARM WATER CICLE PUMP	SIHI	Type ZLIB040-200, cap. 1,5 bar.	2
17	UV FILLER	UBERALL	Type UBW20, cap.25-28m ³ /h,6 bar.	2
18	FRESH WATER TOPPING UP PPF. SPRINGLER SYSTEM.	SIHI	Type ADHL 00902 AN135,1 m ³ /h,10 bar	1

LAMPIRAN PERMESINAN

19	LUBRICATING OIL COOLER FOR M.E	PRANG	Type 22,5. cap.22,5m ³ /h 10 bar.	2
20	LIQUID SEPARATOR	SABROE	Type FA.35	1
21	OIL SEPARATOR	SABROE	Type 0522	2
22	SEA COOLING WATER PUMP	SABROE	Type 8,0-FUB300G90	2
23	OIL SEPARATOR	SABROE	Type SAB 163	3
24	CONDENSER	SABROE	Type CONF. 413102	3
25	EVAPORATOR	SABROE	Type EIKS 413216	3
26	OIL PUMP	SABROE	Type FMA 1,5/12,5	3
27	SEA COOLING WATER PUMPS	IRON	Type CNHB-125-125/250 Cap.120m ³ /h ,1,5bar.	3
28	CHILLED WATER PUMP	IRON	Type CNHB125-125/315 cap.144m ³ /h, 3,4 bar.	2
29	SEA COOLING WATER PUMP EMERGENCY AC UNIT	SIHI	cap.3,4m ³ /h 2,2 bar.	1
30	FUEL INJECTION PUMP	BOSCH	Type PF 1 WV 260/8	2
31	FUEL INJECTOR	MaK	Type D3/2	2
32	HEAT EXCHANGER	REINTJES	Type OKS 4/31 WT60	1
33	GEAR OIL PUMP	KRACHT	Type KF 3/63F30B POP708	2
34	DIESEL FUEL TRANSFER PUMP	ALLWEILER	Type SLF440ER40 U12,1 cap.334 l/min, 3 bar.	2
35	DIESEL FUEL BOOSTER PUMP FOR MAIN ENGINE	ALLWEILER	Type SPF20R46 98.3 cap.18,4 l/min, 3 bar.	4
36	MEDIUM DIESEL OIL SEPARATOR	ALFA-LAVAL	Type MMPX 304, 2900 l/h	2
37	HEATER FOR MEDIUM DIESEL OIL SEPARATOR	ALFA-LAVAL	SHS64 8/2, 2000 l/h	2
38	SEPARATOR MDO SUPPLY PUMP	ALFA-LAVAL	Type ACP032N, cap. 1800 l/h	2
39	DIESEL FUEL TRANSFER PUMP FOR BOILER AND EMERGENCY DIESEL GENERATOR	ALLWEILER	Type SFP40 R46, cap. 39,7 l/min, 5 bar.	1
40	SLUDGE PUMP	ROTAN	Type HD51 ERM, cap. 5,7 m ³ /h.	1

LAMPIRAN PERMESINAN

41	STAND-BY LUBRICATING OIL PP. MAIN ENGINE	ALLWEILER	Type SLS940 R46 36M ³ /H, 8 bar.	2
42	LUBRICATING OIL SEPARATOR	ALFA-LAVAL	Type MMPX304 SGP -11/50 cap.600 l/h	2
43	HEATER FOR SEPARATOR	ALFA-LAVAL	Type heatpac SHS 64 8/2 , cap. 650 l/h	2
44	DIRTY OIL PUMP	ROTAN	Type HD SIERM, cap. 5,7 m ³ /h.	1
45	LUBRICATING OIL TRANSFER PUMP	ALLWEILER	Type SPF 40 R54, Cap. 3,35 m ³ /h	1
46	LUBRICATING OIL PUMP GEAR	KRACHT	Type KF 3/63, Cap. 45m ³ /h 20 bar	4
47	LUBRICATING OIL SUPPLY FOR SEPARATOR	ALFA-LAVAL	Type ACP 025L , cap.0,7 m ³ /h	2
48	FIRE EXT. PUMP	IRON	Type CNHB100-100/250PA cap. 70 m ³ /h, 8 bar.	3
49	SPRINGKLER PUMP	IRON	Type CNHB100-100/250PA cap. 90 m ³ /h, 8 bar.	1
50	BILGE & BALLAST PUMP	IRON	Type CNHB100-100/250PA cap.70 m ³ /h, 2,3 bar.	2
JUMLAH				132

LAMPIRAN PERMESINAN

4. SUBSISTEM PNEUMATIK

NO	NAMA	MEREK	KETERANGAN	JML
1	STARTING AIR COMPRESSOR	NEVENHAUSER	Type HD 40W,48 m ³ /h-30 bar.	3
2	COMPRESSOR	SABROE	Type BFO4/210	2
3	EVAPORATOR LOBBY	SABROE	Type SGB21-4.0	1
4	EVAPORATOR VEGETABLES ROOM	SABROE	Type SGB21-4.0	1
5	EVAPORATOR FISH ROOM	SABROE	Type SGBE31-4.1	1
6	EVAPORATOR DRY FROV. ROOM	SABROE	Type SGB31-4.2	1
7	EVAPORATOR MEAT ROOM	SABROE	Type SGBE 51-4.3	1
8	EMERGENCY AIR COMPRESSOR	NEVENHAUSER	Type 18.2.2.01.01, 14m ³ /h-30 bar.	1
9	COMPRESSOR	SABROE	Type SAB163	3
10	AIR CONDITIONING PLANT	HEINEN & HOFMAN	cap. 3700-8500m ³ /h	17
11	SUPPLY FAN FOR M/E ROOM	WITT&SUN	centrifugal vent, 21500 cbm/h	2
	JUMLAH			33